



***SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
DE METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA
PARA APOIO OPERACIONAL***

Ana Sofia Pereira Nobre

Trabalho de Projecto apresentado como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas
de Informação Geográfica

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA
PARA APOIO OPERACIONAL**

Trabalho de projecto orientado por
Professor Doutor Marco Octávio Trindade Painho

com co-orientação de
Capitão Tenente (Eng. Hidrógrafo) Miguel Bessa Pacheco

Novembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Marco Painho pela orientação, apoio e disponibilidade que facilitaram a realização deste trabalho de projecto.

Ao Cte. Bessa Pacheco, co-orientador do presente trabalho, pelas sugestões, revisões de texto e indispensáveis informações sobre a componente militar.

Ao Cte. Reino Baptista, Chefe do Centro de Dados Técnico-Científicos do Instituto Hidrográfico (IH), pela compreensão e incentivo, factos que possibilitaram a realização deste trabalho de projecto no âmbito do meu trabalho no IH.

Aos colegas Fernando Gomes, Bruno Inácio e Ana Lopes pelas preciosas ajudas nas suas áreas de conhecimento.

À Sónia Godinho, Inês Félix, Célia Pata e Rita Esteves pela amizade, apoio e sugestões presentes em todos os momentos.

Um especial agradecimento a Martin Rutherford (Instituto Oceanográfico Australiano) pela cedência de dados e esclarecimento de dúvidas.

À minha família e amigos (principalmente aos meus pais) pela paciência e compreensão e ao Rui Papudo pelo incentivo, críticas construtivas e atentas revisões do texto.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA PARA APOIO OPERACIONAL

RESUMO

Este trabalho de projecto teve como objectivo o desenvolvimento e implementação de um Sistema de Informação Geográfica de Meteorologia e Oceanografia (SIGMETOC) para apoio à primeira fase de actividades *Rapid Environmental Assessment* (REA). Deste modo, é proposta uma metodologia que conduziu à realização de uma série de WEBSIG, disponíveis para consulta no portal de Internet do Instituto Hidrográfico, que possibilitam que os utilizadores adquiram conhecimentos estatísticos, a nível mundial e mensal, das condições ambientais locais para a realização de operações militares navais.

Este sistema inclui uma vasta panóplia de dados de METOC tais como velocidade do vento, vapor de água, precipitação, água líquida contida nas nuvens, humidade relativa, amplitudes térmicas diárias, altura significativa da ondulação e as variações horizontais (relativamente ao nível da superfície do mar) e verticais (i.e., ao longo da coluna de água) de temperatura, salinidade e velocidade de propagação do som na água (desde a superfície até à profundidade máxima de 5500 metros). Estes dados foram obtidos através de sistemas de Detecção Remota e do *World Ocean Atlas* de 2005.

METEOROLOGICAL AND OCEANOGRAPHIC GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR OPERATIONAL SUPPORT

ABSTRACT

The main purpose of this project is to develop and put into practice a Meteorological and Oceanographic Geographic Information System (SIGMETOC) to support the first phase of *Rapid Environmental Assessment* (REA) activities in support to naval military operations. To achieve this, a GIS based system was developed. Several WEBGIS were produced and made available to the user's through the Portuguese Hydrographic Institute WEB portal.

With this WEBGIS products, the user can access statistical worldwide environmental data, such as: surface wind speed, cloud liquid water, water vapour, precipitation, relative humidity, diurnal temperature range, significant wave height, horizontal variations and vertical water profiles for salinity, temperature and sound speed (from the ocean surface to the maximum depth of 5500 meters). Most these data were obtained from remote sensing systems and the World Ocean Atlas 2005.

PALAVRAS-CHAVE

Detecção Remota

Meteorologia

Oceanografia

Operações *Rapid Environmental Assessment*

Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

SIG distribuídos na Internet (WEBSIG)

KEYWORDS

Remote Sensing

Meteorology

Oceanography

Rapid Environmental Assessment Operations

Geographic Information Systems (GIS)

WEBGIS

ACRÓNIMOS

AATSR – *Advanced Along Track Scanning Radiometer*

AAW – *Anti-Air Warfare*

ALT – *Dual frequency Altimeter*

AMI – *Active Microwave Instrument*

AMW – *Amphibious Warfare*

ASAR – *Advanced Synthetic Aperture Radar*

ASW – *Anti-Surface Warfare*

ATSR – *Along Track Scanning Radiometer*

BD – *Base de Dados*

BODC – *British Oceanographic Data Centre*

CIG – *Ciência da Informação Geográfica*

CNES – *Centre National d'Études Spatiales*

CSV – *Comma Separated Values*

CTD – *Conductivity, Temperature and Depth*

C4ISR – *Command/Control/Communications/Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*

DDL – *Data Definition Language*

DML – *Data Manipulation Language*

DMSP – *Defense Meteorological Satellite Program*

DORIS – *Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*

DR – *Detecção Remota*

ENVISAT – *Earth Observation ENVironmental SATellite*

EPA – *European Environment Agency*

ERS – *European Remote Sensing Satellite*

ESA – *European Space Agency*

ESRI[®] – *Environmental Systems Research Institute*

EUA – *Estados Unidos da América*

EUMETSAT – *Europe’s Meteorological Satellite Organization*

Fy-1 – *Feng-Yun-1*

GEBCO – *General Bathymetric Chart of the Oceans*

GFO – *Geosat Follow On*

GMS – *Geostationary Meteorological Satellite*

GMT – *Generic Mapping Tools*

GOES – *Geostationary Operational Environmental Satellites*

GOMS – *Geostationary Operational Meteorological Satellite of Russia*

HTML – *HyperText Markup Language*

IDAMAR – *Infra-estrutura de Dados Espaciais sobre o Ambiente Marinho*

IDE – *Integrated Development Environment*

IDW – *Inverse Distance Weighted*

IH – *Instituto Hidrográfico*

INSAT – *Indian National Satellite*

ISO – *International Organization for Standardization*

JAXA – *Japan Aerospace Exploration Agency*

JMR – *Jason Microwave Radiometer*

LANDSAT – *Land Satellite*

LRA – *Laser Retro-Reflector Array*

LRR – *Laser Retro-Reflector*

MERIS – *Medium Resolution Imaging Spectrometer*

METEOSAT – *Meteorological Satellite*

METOC – *METeorologia e OCeanografia*

MIDA – *Marine Irish Digital Atlas*

MODIS – *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*

MOS – *Marine Observation Satellite*

MSG – *METEOSAT Second Generation*

MULTI–*Multi-Mission Scenarios*

NASA– *National Aeronautics & Space Administration*

NATO – *North Atlantic Treaty Organization*

netCDF – *network Common Data Form*

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NODC - *National Oceanographic Data Center*

NSW – *Naval Special Warfare*

OOTW – *Operations Other Than War*

OTHT – *Over-the-Horizon Targeting*

PHP – *Hypertext Preprocessor*

POES – *Polar Orbiting Environmental Satellites*

QuikSCAT – *Quick Scatterometer*

RA – *Radar Altimeter*

RA-2 – *Radar Altimeter 2*

REA – *Rapid Environmental Assessment*

SAR – *Synthetic Aperture Radar*

SGBD – *Sistema Gestor de Base de Dados*

SGBDR – *Sistema Gestor de Base de Dados Relacional*

SICMO – *Sistema de Informação de Climatologia Meteo-Oceanográfica*

SIG – *Sistemas de Informação Geográfica*

SIGAMAR – *SIG aplicável ao ambiente marítimo*

SPOT – *Systeme pour l’Observation de la Terre*

SQL – *Structured Query Language*

SSALT - *Solid-State Altimeter*

SSM/I – *Special Sensor Microwave Imager*

SST – *Sea Surface Temperature*

STRAT/WMD - *Strategic Deterrence and Weapons of Mass Destruction*

STRIKE – *Strike Warfare*

TIROS – *Television and Infrared Observation Satellite*

TMI – *TRMM Microwave Imager*

Topex / Poseidon – *Ocean Topography Experiment*

TRMM – *Tropical Rainfall Measuring Mission*

UTM – *Universal Transverse Mercator*

VMAP0 – *Vector Smart Map Level 0*

WEBSIG – *SIG distribuídos na Internet*

WGS84 – *World Geodetic System of 1984*

WGT– *Wargames and Training Issues*

WVR – *Water Vapour Radiometer*

XML – *eXtensible Markup Language*

ZCIT – *Zona de Convergência Intertropical*

ZEE – *Zona Económica Exclusiva*

ÍNDICE DO TEXTO

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
PALAVRAS-CHAVE	vi
KEYWORDS.....	vi
ACRÓNIMOS	vii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objectivos	4
1.3 Área de Estudo.....	5
1.4 Organização do projecto	5
2 Apresentação dos domínios em estudo.....	6
2.1 SIG e Ciência da Informação Geográfica (CIG).....	6
2.1.1 Enquadramento	6
2.1.2 Variabilidade Espacial e Temporal de Dados Geográficos	6
2.1.3 Qualidade da Informação Geográfica e Factor Humano	7
2.1.4 SIG distribuídos na Internet: WEBSIG	7
2.2 Base de Dados.....	10
2.3 Oceanografia.....	10
2.3.1 Enquadramento	10
2.3.2 Complexidade do Oceano	11
2.3.3 Dados Oceanográficos.....	12
2.3.3.1 Dados Derivados	13
2.3.3.2 Perfis Verticais	13
2.3.3.3 Imagens de Detecção Remota (DR)	14
2.4 Meteorologia e Climatologia	14
2.4.1 Enquadramento	14
2.4.2 Complexidade da Atmosfera	15
2.4.3 Dados Meteorológicos.....	16
2.5 Detecção Remota (DR).....	17
2.5.1 Enquadramento	17
2.5.2 DR e Sistemas de Informação Geográfica.....	18

2.5.3	DR e Meteorologia.....	19
2.5.4	DR e Oceanografia.....	23
2.6	METOC, REA e ferramentas SIG	25
3	Estudos de Caso	29
3.1	SIG Oceanográficos.....	29
3.2	SIG Meteorológicos.....	30
3.3	WEBSIG de METOC	31
3.3.1	Sistema de Informação de Climatologia Meteo-Oceanográfica (SICMO).....	31
3.3.2	Marine Irish Digital Atlas (MIDA)	33
3.3.3	NOAA nowCOAST	34
3.3.4	Síntese dos estudos de caso	37
4	Metodologia de Implementação do SIG.....	39
4.1	Enquadramento	39
4.2	Consciencialização inicial.....	40
4.3	Seleção de software, hardware e identificação de dados.....	41
4.4	Pesquisa externa e interna.....	56
4.4.1	Análise das Necessidades dos Utilizadores.....	56
4.4.2	Análise de Risco.....	57
4.4.3	Análise Custo-Benefício	57
4.5	Implementação do SIG	58
4.5.1	Criação das Bases de Dados.....	58
4.5.1.1	BD de Agitação Marítima	60
4.5.1.2	BD de Meteorologia (marítima e terrestre)	63
4.5.1.3	BD de Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água	64
4.5.2	Disponibilização na Internet.....	70
4.6	Manutenção e Revisão	75
4.7	Dificuldades.....	75
5	Exploração e Difusão do Sistema.....	76
6	Conclusões	79
	Referências Bibliográficas	81
	Anexos	88
	ANEXO I – Rotina realizada na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0 para divisão dos doze ficheiros de agitação marítima em vários de menor dimensão (apresenta-se, como exemplo a rotina para o mês de Abril).....	88
	ANEXO II – Modelos desenvolvidos no ModelBuilder	90

ANEXO III – Exemplo de uma query de agregação (para o mês de Agosto) realizada no software Microsoft® Access.....	93
ANEXO IV - Rotina realizada na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0 de modo a obter colunas com as profundidades (exemplo para o mês de Agosto).....	95
ANEXO V – Script que possibilitou a geração das treze tabelas	101
ANEXO VI – Rotinas realizadas na linguagem PHP.....	112
ANEXO VII – Exemplo de uma ficha de metadados gerada	125

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Dados contidos no <i>World Ocean Atlas</i> 2005 (Fonte: NODC (2009)).....	13
Tabela 2 – Tabela com aplicações de DR (Fonte: Sobrino <i>et al.</i> (2000))	18
Tabela 3 – Tabela com características dos sensores TMI e SSM/I (Fonte: Lee <i>et al.</i> (2002)).....	21
Tabela 4 – Características de satélites meteorológicos (Fontes: National Snow and Ice Data Center (2009a), National Snow and Ice Data Center (2009b), National Snow and Ice Data Center (2009c), National Snow and Ice Data Center (2009d), National Snow and Ice Data Center (2009e) e NASA (2009c))	22
Tabela 5 – Características de satélites com fins oceanográficos (Fontes: Valavanis (2002), NASA (2009a), NASA (2009b), ESA (2009a), ESA (2009b) e AVISO (2009))	24
Tabela 6 – Operações militares navais onde REA podem ter um papel fundamental e respectivos acrónimos (Fonte: <i>Committee on Environmental Information for Naval Use</i> , 2003).....	25
Tabela 7 – Parâmetros essenciais no âmbito de operações militares navais (Fonte: <i>Committee on Environmental Information for Naval Use</i> (2003))	28
Tabela 8 – Tabela comparativa entre os três WEBSIG estudados.....	38
Tabela 9 – Tabela que revela os grupos de dados incluídos no projecto	43
Tabela 10 – Dados de base mundiais	45
Tabela 11 – Dados ambientais	48
Tabela 12 – Dados de meteorologia terrestre.....	51
Tabela 13 – Dados de meteorologia marinha.....	53
Tabela 14 – Dados de oceanografia	55
Tabela 15 – Tabela que revela o número de ficheiros de dados de agitação marítima	61
Tabela 16 – Características dos métodos de interpolação IDW, Spline e Kriging (Fontes: Cabral (2006), ESRI® (2009b), ESRI® (2009c), ESRI® (2009d))	62
Tabela 17 – Tamanho da célula aplicado a cada tema para obtenção das camadas matriciais	64
Tabela 18 – Tabela que revela os atributos das tabelas Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Minard (Fonte: Allison (2009))	2
Figura 2 – Várias fases das Operações REA (Fonte: Pacheco (2008))	3
Figura 3 – Área de estudo	5
Figura 4 – As Seis Componentes de um WEBSIG (Fonte: Longley <i>et al.</i> (2005))	8
Figura 5 – Estratégia baseada no servidor (Fonte: Foote e Kirvan (1997))	9
Figura 6 – Estratégia baseada no cliente (Fonte: Foote e Kirvan (1997))	9
Figura 7 – Estratégia híbrida (Fonte: Foote e Kirvan (1997))	10
Figura 8 – Sonda CTD englobada na Rosette (Fonte: IH (2009a))	11
Figura 9 – Esquema que revela as três estruturas típicas espaciais e temporais de dados oceanográficos (Fonte: Lucas (1999))	12
Figura 10 – Imagem onde é possível visualizar a temperatura superficial oceânica ao largo da costa portuguesa (Fonte: Faculdade de Ciências (2009))	14
Figura 11 – Imagem obtida através do satélite METEOSAT-8 (Fonte: FVALK (2009))	16
Figura 12 – Carta meteorológica do Atlântico Norte e Europa para o dia 21 de Janeiro de 1998 às 12 TU (Fonte: Instituto de Meteorologia (2009))	16
Figura 13 – Cobertura geo-espacial dos satélites GOES-8 (ou GOES-Este) e GOES-10 (ou GOES-Oeste) (Fonte: Environmental Systems (2009))	20
Figura 14 – Satélites meteorológicos (Fonte: Short (2009))	20
Figura 15 – Exemplos diversos de operações navais (Fonte: Pacheco (2008))	26
Figura 16 – Perfis verticais contidos no SICMO de temperatura (a vermelho) e velocidade do som (verde) ao largo de Lisboa	32
Figura 17 – SICMO disponível no website do IH (Fonte: Instituto Hidrográfico (2009b))	33
Figura 18 – WEBSIG do MIDA (Fonte: MIDA (2009))	34
Figura 19 – WEBSIG de NOAA nowCOAST (Fonte: NOAA (2009))	35
Figura 20 – WEBSIG de NOAA nowCOAST com informação de SST e ventos (Fonte: NOAA (2009))	37
Figura 21 – Metodologia de desenvolvimento do SIG (Fonte: Julião (2009))	40
Figura 22 – <i>File Geodatabase</i> SIGMETOC	58
Figura 23 – Várias <i>File Geodatabases</i> geradas para o armazenamento das camadas matriciais de METOC	60
Figura 24 – Camada matricial de agitação marítima correspondente ao mês de Março	63
Figura 25 – Camada matricial correspondente ao tema Humidade relativa (mês de Junho)	64
Figura 26 – Parte dos dados de T, V e S contidos na <i>File Geodatabase</i> SIGMETOC	64
Figura 27 – Query Builder onde foi realizada a eliminação dos valores iguais a -99.9999 (neste caso, o exemplo mostra a eliminação dos valores da coluna S5500)	65

Figura 28 – Exemplo de camada matricial de temperatura superficial referente ao mês de Janeiro.....	66
Figura 29 – Tabela de dados correspondente ao mês de Agosto.....	67
Figura 30 – BD levitus construída e visualizada a partir da ferramenta phpMyAdmin	69
Figura 31 – Interface que permite a visualização dos perfis verticais de Temperatura (azul), Velocidade de propagação do som na água (verde) e Salinidade (vermelho)	69
Figura 32 – Documento de mxd designado por SIGMETOC onde é possível visualizar a camada matricial de precipitação para o mês de Janeiro.....	70
Figura 33 – WEBSIG de meteorologia (terrestre) onde é possível visualizar, por exemplo, a camada matricial de insolação para o mês de Janeiro	71
Figura 34 – WEBSIG que disponibiliza dados de meteorologia marítima, agitação marítima e hidrologia vertical e onde é possível visualizar a camada matricial de velocidade do vento correspondente ao mês de Janeiro.....	72
Figura 35 – WEBSIG de Temperatura (Janeiro a Março) e de Salinidade (Outubro a Dezembro)	73
Figura 36 – Exemplo da estrutura de um dos WEBSIG criados	73
Figura 37 – Exemplo de impressão de um mapa. Neste caso, foi gerado um mapa para impressão com a camada matricial de taxa de precipitação (referente ao mês de Novembro)	74
Figura 38 – WEBSIG disponíveis no portal de internet do IH	76
Figura 39 – Imagem onde é possível visualizar a camada matricial de altura significativa (referente ao mês de Julho) e a camada <i>Vertical Hydrology</i> . Ao carregar no botão hyperlink e, de seguida, no ponto pretendido, o sistema operativo vai abrir o gráfico de perfis verticais de temperatura, velocidade de propagação do som na água e salinidade	78
Figura 40 – WEBSIG de meteorologia terrestre que possibilita a análise da camada matricial escala de temperaturas diárias e ainda a camada batimetria.....	78

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Os Oceanos, enquanto elemento constituinte do sistema terrestre, cobrem um total de 71% da sua superfície, desempenhando uma função importante como fonte de recursos económicos, via de comunicação, espaço de lazer e teatro de operações militares. Para além disso, protagonizam um relevante papel no sistema climático global, reflectindo uma forte interacção oceano – atmosfera.

Tal interacção é objecto de reflexão do Professor Doutor Pinto de Abreu (2003), reconhecido oceanógrafo, o qual destaca que “A massa total e a capacidade térmica dos oceanos são, respectivamente, duas ordens de grandeza e quatro vezes maior que a da atmosfera. As escalas temporais dos fenómenos no oceano são, logo, bastante, maiores, do que na atmosfera. Dada a inércia térmica e mecânica dos oceanos, estes actuam primariamente como estabilizadores amortecendo e controlando a variabilidade da atmosfera. No entanto, a variabilidade do oceano pode contribuir para a criação de variabilidade atmosférica”.

Para além do referido, outro facto a reter são que as condições de METeorologia e OCeanografia (METOC) condicionam a realização de operações militares navais, terrestres e aéreas. As suas consequências podem reflectir-se ao nível do bem-estar dos recursos humanos e degradação do normal funcionamento de plataformas, armas e sensores diversos (Pacheco e Martinho, 2005, p. 86). Como forma de sustentação do afirmado, os autores apresentam como exemplo a invasão da Rússia, em 1812, por Napoleão Bonaparte e adiantam que este “... iniciou a campanha com cerca de 422.000 homens, chegou a Moscovo com 100.000 e quando terminou a retirada forçada pelo “General Inverno” já só contava com cerca de 10.000”. Esta campanha militar foi objecto de trabalho para Charles Minard, o qual produziu, em 1861, um mapa em 2D (Figura 1) dos factores admitidos como determinantes para a referida derrota. Mais do que qualquer resistência russa à invasão, que essencialmente praticou a lei da terra queimada, foram as condições ambientais que implicaram grande número de baixas a Napoleão. Relativamente ao mapa em questão, a espessura da linha cinzenta é proporcional ao número de tropas no sentido da invasão e a linha preta, por sua vez, retrata o número de militares sobreviventes no sentido da retirada. O autor associa, ainda, um gráfico de temperaturas negativas registadas nos diversos momentos de retirada das forças.

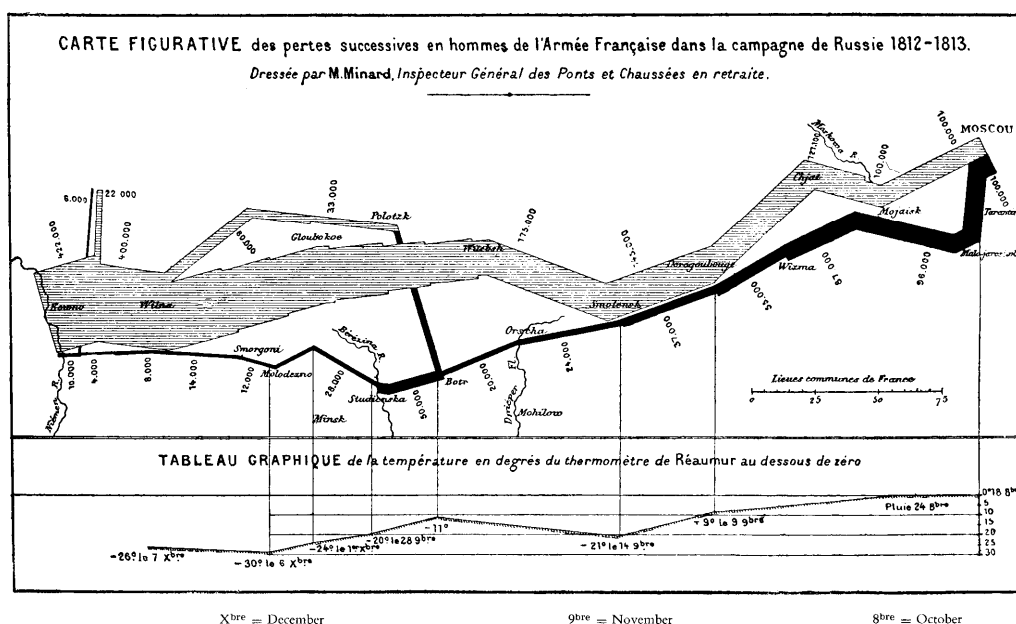


Figura 1 – Mapa de Minard (Fonte: Allison (2009))

Todos estes factores encontram-se coligidos na Figura 1, a qual representa um sistema de informação multi-dimensional (espaço, tempo, temperatura e número de tropas). O passado revela, de facto, segundo Onofre (2003) diversos exemplos de grandes derrotas que mudaram o curso da história, por não se ter tido em consideração, ou por se desconhecerem, as condições ambientais.

No caso concreto de planeamento e realização de operações militares navais, a Segunda Guerra Mundial representa um marco na necessidade em incrementar o conhecimento sobre condições METOC. Ao longo deste período, é reconhecida pelas forças navais a influência que o oceano exerce sobre a atmosfera e, ainda, que as características subaquáticas determinam as condições acústicas fundamentais para a luta anti-submarina (Committee on Environmental Information for Naval Use, 2003).

Actualmente, o estudo de METOC com vista à aplicação em operações militares tem sido uma das principais preocupações da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO). No entanto, nem sempre é possível aceder a informação actualizada sobre o oceano. Deste modo, foi desenvolvida uma metodologia designada por *Rapid Environmental Assessment* (REA), a qual visa apoiar, tacticamente, os comandos operacionais e unidades navais no mar, permitindo a consolidação da informação ambiental num intervalo de tempo compatível com a condução de operações navais (Onofre, 2001). As actividades REA possuem, assim, o objectivo de prever o impacto das condições ambientais nos recursos humanos, plataformas, sensores e armas, prevenindo e evitando, assim, situações de perda de eficiência e/ou eficácia militar e simultaneamente auxiliar na tomada de decisão operacional e tática. Para o caso específico das operações

militares navais, este conceito materializa-se no fornecimento de produtos de informação em três fases distintas de operações (Pacheco e Martinho, 2005, p.86; Figura 2).

Relativamente à primeira fase, esta compreende uma recolha de dados estatísticos, os quais permitem descrever a componente ambiental das áreas geográficas onde as operações se irão realizar. Esta apresenta-se como um momento fundamental no planeamento das mesmas e na avaliação da logística necessária a implementar com vista ao alcance dos objectivos militares.

No que diz respeito à segunda etapa, esta compreende uma recolha de informação *in situ*, a qual se destina a lançar modelos oceanográficos de assimilação com os dados reais, produzindo, por sua vez, previsões de superior rigor a curto prazo.

Finalmente a terceira fase, a qual consiste na produção de previsões de diversos parâmetros, a curto e médio prazos, através da corrida de modelos com assimilação de dados adquiridos *in situ*. Esta aquisição, realizada pelo navio REA, é executada fundamentalmente através de sondas CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*), que permitem a obtenção dos valores de profundidade, temperatura e salinidade, entre outros, desde a superfície da coluna de água até uma profundidade de interesse operacional (Pacheco e Martinho, 2005).

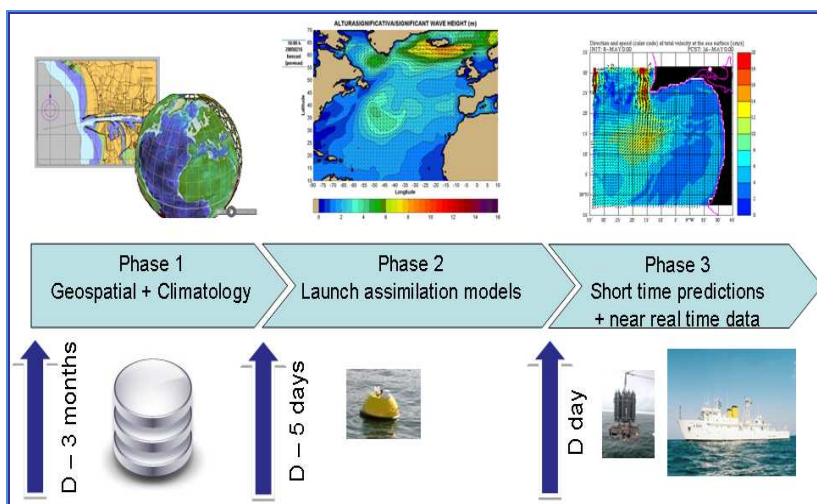


Figura 2 – Várias fases das Operações REA (Fonte: Pacheco (2008))

O Instituto Hidrográfico (IH), criado pelo Decreto-Lei n.º 43177 de 22 de Setembro de 1960 e que tem por missão fundamental “assegurar as actividades relacionadas com as ciências e técnicas do Mar, tendo em vista a sua aplicação na área militar, e contribuir para o desenvolvimento do País nas áreas científicas e de defesa do ambiente marinho” (IH, 2008, p.6), tem desempenhado, ao longo dos últimos anos, um importante papel no fornecimento de informação ambiental no âmbito da primeira etapa do REA. No entanto, em casos de grande falta de informação, esta etapa pode atingir os seis meses de duração (Onofre, 2001).

Deste modo, o trabalho que aqui se apresenta resulta da necessidade sentida pelo IH em conjugar, numa única interface e a uma escala global, a totalidade da informação considerada fundamental para a realização da caracterização das condições ambientais estatísticas que as forças podem esperar no terreno. Dadas as capacidades dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em integrar, armazenar, processar, visualizar e analisar uma vasta panóplia de dados geo-espaciais, foi tida como natural a sua adopção enquanto ferramenta de suporte à realização da tarefa aqui proposta.

Os SIG são, aliás, considerados como uma poderosa tecnologia no âmbito de operações militares. Esta afirmação suportada por autores tais como Swann (1999), Dykes e Hancock (2002) e Fleming *et al.* (2009) é reforçada pela ESRI® (*Environmental Systems Research Institute*) (1998) que enfatiza a importância dos SIG enquanto ferramenta de apoio à decisão no contexto de uma operação militar.

1.2 Objectivos

O presente projecto apresenta como principal objectivo o desenvolvimento de um sistema de informação ambiental, suportado em tecnologia SIG, para apoio à primeira fase de operações REA. No seguimento deste, enumeram-se uma série de objectivos específicos, designadamente:

- Compilar e armazenar, numa Base de Dados (BD), os principais dados estatísticos de METOC, à escala global, com aplicabilidade no planeamento de operações militares;
- Facilitar o acesso à informação de modo a permitir, a todos os operacionais envolvidos, uma rápida e eficiente compreensão de quais os locais, em termos estatísticos, que apresentam condições ambientais adversas;
- Constituir uma ferramenta eficiente para o planeamento prévio de operações no terreno;
- Constituir uma interface de caracterização dos complexos sistemas oceano e atmosfera que possa ser utilizado no âmbito do ensino das Ciências do Mar e planeamento de cruzeiros científicos;
- Possibilitar a visualização e análise dos gráficos dos perfis verticais (isto é, ao longo da coluna de água) dos parâmetros relativos à Temperatura, Salinidade e Velocidade de propagação do som na água;
- Dando continuidade ao objectivo específico anterior, efectuar a interpolação destes parâmetros de modo a obter a sua variação horizontal relativamente ao nível da superfície do mar;
- Disponibilizar e facilitar a eficaz visualização da totalidade da informação através de um WEBSIG.

1.3 Área de Estudo

Considerando que o espaço de interesse para as operações militares navais é o globo¹ (Figura 3), a área geográfica a estudar compreende a totalidade dos oceanos (Pacífico, Atlântico, Índico, Ártico e Antártico) e continentes (Europa, África, Ásia, América e Oceânia). Relativamente aos oceanos, o presente projecto aborda não só a sua superfície mas igualmente as suas profundezas, as quais poderão atingir, em termos médios, os 3800 – 4000 metros².

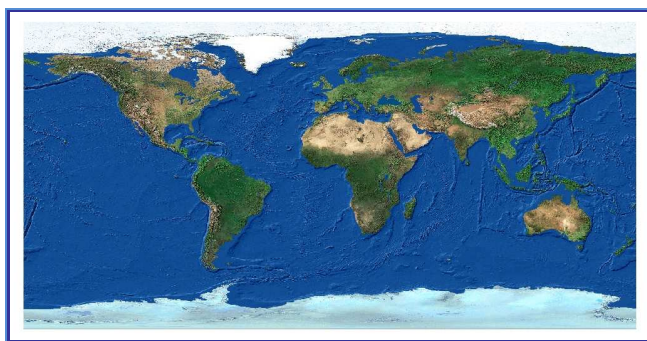


Figura 3 – Área de estudo

1.4 Organização do projecto

O presente projecto encontra-se dividido em seis capítulos, no qual o primeiro efectua um enquadramento da matéria em estudo, clarifica a definição de operações REA, apresenta os objectivos e delimita a área de estudo.

O segundo descreve os domínios estudados, nomeadamente oceanografia, meteorologia, SIG, WEBSIG e Detecção Remota (DR), os quais serão devidamente explorados mediante a apresentação de alguns estudos de caso ao longo do terceiro capítulo.

O quarto capítulo tem como função apresentar a metodologia utilizada. O quinto e sexto capítulos apresentam o sistema e a sua exploração, conclusões e recomendações.

¹ Note-se que as operações militares navais têm as seguintes prioridades:

1. ZEE nacional;
2. Águas internacionais de especial interesse nacional (Atlântico Norte, Mediterrâneo, Mar do Norte, Atlântico Sul);
3. Resto do mundo.

² A razão do interesse em tais profundidades reside por exemplo na necessidade em conhecer os perfis de temperatura até ao fundo aquando da realização de levantamentos hidrográficos com sondador multifeixe.

2 Apresentação dos domínios em estudo

2.1 SIG e Ciência da Informação Geográfica (CIG)

2.1.1 Enquadramento

São muitas, e variadas, as definições existentes hoje em dia sobre o conceito de SIG. Segundo o fabricante ESRI® (2004): Um SIG é um conjunto organizado de hardware, software, dados geográficos e pessoal, destinados a eficientemente obter, armazenar, actualizar, manipular, analisar e exibir todas as formas de informação geograficamente referenciadas de modo a resolver problemas de planeamento e de gestão.

Importa definir, ainda, o conceito de Ciência da Informação Geográfica (CIG), uma vez que, segundo Goodchild (2000), e de acordo com a perspectiva da CIG, o crescente interesse no ambiente marinho é fascinante, uma vez que muito se pode aprender do esforço de aplicar software existente num ambiente tão dinâmico quanto o Oceano.

O tema CIG surgiu, pela primeira vez, num artigo escrito por Goodchild (1992), onde foram definidos os seus conteúdos da seguinte forma:

1. Levantamento e recolha de dados (*Data collection and measurement*);
2. Armazenamento e gestão de dados (*Data capture*);
3. Estatística Espacial (*Spatial Statistics*);
4. Modelação de dados e teorias sobre os dados espaciais (*Data modelling and theories of spatial data*);
5. Estruturas de dados, algoritmos e processos (*Data structures, algorithms and processes*);
6. Visualização (*Display*);
7. Ferramentas analíticas (*Analytical tools*);
8. Aspectos institucionais, administrativos e éticos (*Institutional, managerial and ethical issues*).

A CIG pode ser, igualmente, definida como a ciência ou a disciplina que estuda todos os conceitos e questões científicas e teóricas que surgem da utilização dos SIG.

2.1.2 Variabilidade Espacial e Temporal de Dados Geográficos

Os dados geográficos em SIG podem ser representados mediante uma estrutura vectorial ou matricial/raster. Enquanto no primeiro caso os dados são representados sob a forma de pontos, linhas ou polígonos, no segundo estes são representados sob a forma de células, normalmente quadradas, e com uma

dada resolução espacial. Estas estruturas são ideais para a representação de dados bidimensionais, contudo, se a pretensão for representar dados multi-dimensionais são necessárias extensões das estruturas referidas.

Os SIG assumem um papel preponderante na representação conceptual do espaço. Todavia, a representação temporal é, provavelmente, o grande desafio que se coloca à concepção de uma aplicação SIG. Nos últimos tempos, têm sido realizados vários projectos com o objectivo de incorporar a representação temporal neste tipo de softwares. Apenas a título exemplificativo, saliente-se o trabalho de Goodall *et al.* (2004) que aborda a representação temporal no software ArcGIS® (do fabricante ESRI®). Neste trabalho, os autores salientam a importância da extensão *Tracking Analyst* na representação, exploração e análise da variabilidade temporal de objectos. No entanto, note-se que em termos de espaço consegue-se trabalhar em x, y e z e que em termos de tempo trabalha-se em x, y, T, ou seja, quando na extensão *Tracking Analyst* incluímos o tempo, não se consegue depois trabalhar em 4D (x, y, z, T).

2.1.3 Qualidade da Informação Geográfica e Factor Humano

A qualidade da informação geográfica é um indicador da adequabilidade dos dados para uma dada aplicação. Segundo Meyer *et al.* (1999), erros, inexactidões e imprecisões da informação podem ter origem a partir de uma das maiores potencialidades dos SIG, ou seja, a aquisição e sobreposição de vários tipos de dados. De facto, as variações, posicionais e numéricas, podem resultar de um processo de aquisição da informação, enquanto que os problemas relacionados com a escala do mapa, a relevância, a densidade de observações, a projecção e o sistema de coordenadas, normalmente, surgem no processo de análise integrada e consequente processamento.

Relativamente ao factor humano, é fundamental que o utilizador conheça todas as funcionalidades e limitações do software. De facto, uma das desvantagens dos SIG é que embora tenham sido concebidos como instrumentos cartográficos foram imbuídos de ferramentas de processamento e análise geo-espaciais que nem sempre são usadas correctamente. Este facto está relacionado com a falta de conhecimento aprofundado dos utilizadores de todas as possibilidades e potencialidades dos SIG (i.e. não serem especialistas nesta área).

2.1.4 SIG distribuídos na Internet: WEBSIG

Um WEBSIG é normalmente constituído por seis componentes: pessoas, software, dados, procedimentos, hardware e rede (Figura 4). Num cenário deste tipo, a componente com maior significância será, muito provavelmente, a rede sem a qual não existiria rápida comunicação ou partilha de informação digital. Deste modo, os SIG dependem fortemente da Internet e de intranets de sociedades, agências e militares (Longley *et al.*, 2005).



Figura 4 – As Seis Componentes de um WEBSIG (Fonte: Longley *et al.* (2005))

De facto, a Internet constitui um meio privilegiado e com um elevado potencial de crescimento no que respeita à disponibilização de grandes quantidades de informação geográfica, e torna possível o acesso, por parte dos utilizadores, a funcionalidades SIG, sem terem necessariamente de ser proprietários de licenças de aplicações de SIG. De facto, basta possuírem um computador com ligação à Internet e de um *browser* (Machado *et al.*, 2002).

Lopes (2000) citado por Cabral (2001) distingue quatro maneiras de distribuir informação espacial através da Internet:

- Ficheiros de dados: transferência de um conjunto de dados geográficos (componentes geográfica e alfanumérica) para os utilizadores, que deverão ser experientes e detentores de software de SIG;
- Mapas: distribuição em formato raster ou vectorial;
- Pesquisas simples: as quais incidem sobre bases de dados de acordo com um conjunto de critérios espaciais, ou de atributos de entidades, definidos a priori e disponíveis numa interface em que os resultados que satisfazem os critérios são devolvidos sobre a forma de mapas ou dados tabulares;
- Funções de análise espacial: estendem o acesso às funcionalidades SIG disponíveis no servidor, por exemplo, pesquisas complexas, cálculo de áreas tampão, mapas dinâmicos, etc.

Nota: Uma outra maneira de distribuir informação espacial através da Internet é através dos serviços de dados.

Foote e Kirvan (1997), Chang e Park (2006) referem que existem várias estratégias mediante as quais podem ser adicionadas funcionalidades SIG na WEB:

- Baseadas no Servidor (*Server - Side*): permitem que os utilizadores (clientes) submetam pedidos de dados, produtos e análises a um servidor. O servidor processa os pedidos e devolve os dados (ou análise) ao cliente (Figura 5). Plewe (1997), citado por Foote e Kirvan (1997), refere que esta estratégia é adequada a aplicações que se destinem a um elevado número de utilizadores que não possuam conhecimentos em SIG.

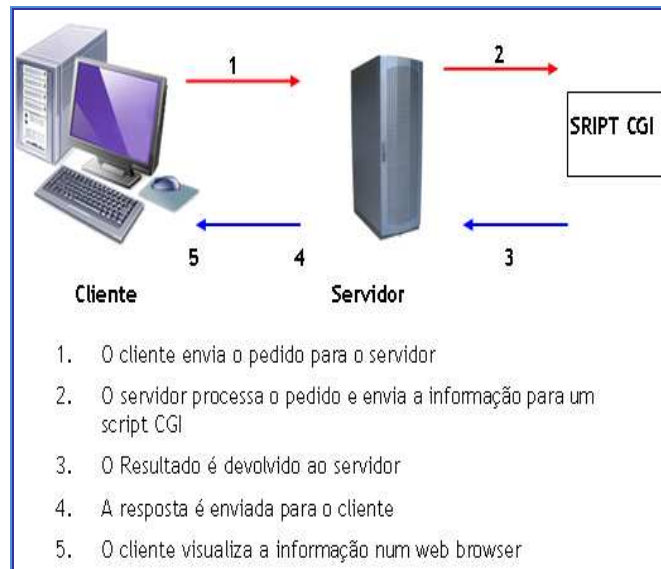


Figura 5 – Estratégia baseada no servidor (Fonte: Foote e Kirvan (1997))

- Baseadas no Cliente (*Client - Side*): permitem aos utilizadores a submissão de pedidos de dados a um servidor. Este processa o pedido e envia aos clientes os dados solicitados, possibilitando a sua manipulação e análise através de ferramentas SIG instaladas nas máquinas dos clientes (Figura 6). Plewe (1997), citado por Foote e Kirvan (1997), refere que esta estratégia é utilizada em redes restritas (Intranet), as quais se caracterizam por serem usadas por um reduzido número de clientes. Note-se que, nesta estratégia, os utilizadores possuem conhecimentos em SIG.



Figura 6 – Estratégia baseada no cliente (Fonte: Foote e Kirvan (1997))

- Estratégias híbridas (*Hybrid*): combinam as estratégias anteriores. Deste modo, optimizam o desempenho e respondem a necessidades específicas dos utilizadores (Figura 7).



Figura 7 – Estratégia híbrida (Fonte: Foote e Kirvan (1997))

2.2 Base de Dados

Base de Dados (BD), enquanto conceito e segundo Marques *et al.* (2001), é um “conjunto de informação relacionada, organizada de tal forma que o seu armazenamento e manipulação se realizam de modo eficiente e efectivo. A efectividade significa que a informação está a salvo de perdas acidentais. A eficiência está relacionada com o facto de a sua manipulação se fazer sem desperdício de recursos (humanos e materiais) e a um nível aceitável de desempenho”.

O armazenamento e manipulação dos dados numa estrutura deste tipo são facilitados pela implementação de um Sistema Gestor de Base de Dados (SGBD), o qual estabelece a interface entre os utilizadores e a BD. De entre as várias famílias de SGBD existentes aquela que apresenta actualmente um maior sucesso comercial é o Sistema Gestor de Base de Dados Relacional (SGBDR) que se baseia no Modelo Relacional. Neste Modelo, descrito por E.F. Codd em 1970, todos os dados e metadados são representados em tabelas bidimensionais. Esta característica destaca este modelo pela sua intuitividade e elevado grau de independência dos dados, uma vez que os utilizadores não necessitam de saber a forma de armazenamento dos mesmos. Para além disso, este modelo disponibiliza uma linguagem simples, completa e declarativa – *Structured Query Language* (SQL) – que permite a manipulação das BD por parte dos utilizadores. Este modelo, no entanto, apresenta algumas desvantagens relacionadas com o reduzido tipo de dados que reconhece e com a dificuldade em lidar com a dimensão temporal e objectos complexos.

2.3 Oceanografia

2.3.1 Enquadramento

Por Oceanografia entende-se como sendo a ciência que tem como objecto de estudo os oceanos e os mares da Terra, caracterizando-se por possuir uma natureza multidisciplinar. Tal deve-se ao facto de esta investigar a temática segundo uma perspectiva constituída por quatro disciplinas, todas elas diferentes entre si, nomeadamente: a física, a biologia, a química e a geologia.

De modo concreto, o objectivo da Oceanografia Física é a obtenção de uma descrição quantitativa das águas oceânicas e dos seus movimentos (Pickard e Emery, 1990). Enquanto a descrição do carácter das águas oceânicas é obtida através do estudo de distribuição de propriedades distintivas das massas de água (temperatura, salinidade, densidade, nutrientes, transparência), o conhecimento dos movimentos do oceano é obtido através do estudo das forças que sobre eles actuam.

Chumbinho (2001) salienta que o estudo físico dos oceanos é realizado através de duas maneiras distintas:

- Observação directa das propriedades e movimentos (Descritiva ou sinóptica);
- Aplicação de princípios físicos da mecânica e termodinâmica (Dinâmica ou teórica).

Relativamente à observação sinóptica, são utilizados uma série de equipamentos oceanográficos, tais como: sonda CTD, a qual permite obter perfis verticais de condutividade, temperatura e pressão ao longo da coluna de água (Figura 8), os correntómetros, que medem os movimentos das massas de água³ ou as garrafas Niskin que permitem a recolha de amostras de água para a determinação de parâmetros biológicos (clorofila) ou químicos.



Figura 8 – Sonda CTD englobada na Rosette (Fonte: IH (2009a))

Deste modo, esta ciência é responsável pela aquisição, desde a superfície até às profundezas oceânicas, de um grande volume de dados. Assim sendo, é importante que os oceanógrafos procedam a uma eficiente gestão e armazenamento dos dados digitais recolhidos em BD.

2.3.2 Complexidade do Oceano

Desde a década de 60 que os SIG representam um papel importante na análise de dados geográficos relativos à Terra. No entanto, este acumular de experiência tem sido pouco aplicada à vertente marítima. De facto, somente a partir dos anos 90 é que os SIG passaram a ser sistematicamente aplicados ao domínio oceânico, tendo sido realizados mais estudos à face oculta da Lua e à topografia de Vénus e Marte do que nos nossos mares e oceanos (Wright, 2002).

³ Os correntómetros, geralmente, encontram-se colocados em amarrações oceanográficas.

Esta diferença evolutiva e aplicacional tem sido alvo de um conjunto alargado de estudos produzidos por vários autores, tais como Li e Saxena (1993), Lockwood e Li (1995), referidos por Wright e Goodchild (1997), os quais concluíram que o seu atraso se deve a uma série de factores, nomeadamente:

- O Sistema Oceano apresenta uma dinâmica constante em resposta às forças que sobre ele actuam, característica que se traduz, posteriormente, na inexistência de estruturas fixas nos Oceanos (excepto as existentes nos seus fundos);
- As fronteiras marítimas e a linha de costa (ao contrário das fronteiras terrestres) não apresentam limites perfeitamente definidos;
- Dados oceanográficos são multidimensionais, ou seja, podem apresentar uma variação na localização geográfica (x,y), em profundidade (z) e ao longo do tempo (t);
- As BD, face ao anterior factor, apresentam uma elevada dimensão e complexidade;
- Elevado custo de obtenção de dados oceanográficos. Por exemplo, cada dia de operacionalidade de um navio hidrográfico no mar pode custar, em média, cerca de 15000 € (dependendo do navio e instrumentos em utilização).

2.3.3 Dados Oceanográficos

Os dados oceanográficos são obtidos a partir de uma grande variedade de fontes: satélites, sondadores acústicos, sondas CTD, correntómetros, entre outros. De acordo com Lucas (1999), estes podem ser classificados segundo as suas estruturas temporais e espaciais, em derivados, perfis verticais e imagens de DR. Na Figura 9 encontram-se exemplificados os referidos tipos de dados.

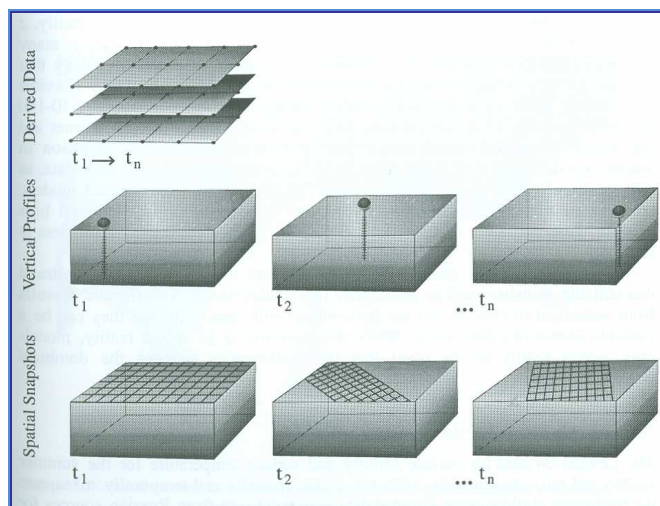


Figura 9 – Esquema que revela as três estruturas típicas espaciais e temporais de dados oceanográficos (Fonte: Lucas (1999))

2.3.3.1 Dados Derivados

Lucas (1999) refere que os dados derivados incluem dados estatísticos (climatologias) gerados (as) a partir de complexos conjuntos de dados. O atlas climatológico dos Oceanos produzido e apresentado, em 2005, pelo *National Oceanographic Data Center* (NODC) é um exemplo de um produto que disponibiliza informação estatística de diversos parâmetros hidrológicos (e.g., temperatura, salinidade, oxigénio, fosfatos, silicatos e nitratos) que caracterizam as massas de água oceânicas. Este atlas, disponível para *download* na Internet⁴ apresenta uma descrição global do sistema oceano, com resolução espacial de um grau, a qual tem início na camada mais superficial e prolonga-se até à profundidade máxima de 5500 metros; disponibiliza, igualmente, uma descrição mensal, sazonal e anual dos parâmetros oceanográficos, fornecendo uma visão conjuntural das condições oceânicas.

Note-se que, para cada parâmetro oceanográfico, a BD combina os seguintes produtos (Tabela 1):

Nome do campo (e descrição)	Acrónimos
<i>Objectively analyzed climatologies</i> : campo da média que, devido à ausência de dados, foi interpolado a um certo nível de profundidade de modo a completar a grid	an
Número de Observações a um determinado nível de profundidade	dd
Média das observações na célula a um determinado nível de profundidade	mn
Desvio padrão das observações na célula a um determinado nível de profundidade	sd

Tabela 1 – Dados contidos no *World Ocean Atlas* 2005 (Fonte: NODC (2009))

2.3.3.2 Perfis Verticais

Os perfis verticais são representações gráficas de dados recolhidos, por exemplo, a partir de uma sonda CTD instalada num navio hidrográfico de pesquisa oceanográfica. Deste modo, são obtidas as alterações dos parâmetros em estudo, os quais variam em função da profundidade numa determinada localização geográfica. A sucessiva realização destes perfis numa dada área, e em idênticas condições, permite a utilização de interpoladores para estimar a variação 3D dos referidos parâmetros.

Os dados oceanográficos recolhidos através do CTD podem sofrer dois tipos de tratamento, perfeitamente distintos mas não independentes, nomeadamente:

- Interpolação dos dados de salinidade, temperatura e pressão de modo a obter-se uma superfície contínua (i.e., fixando uma profundidade ou trabalhando em secções verticais).

⁴ Website <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA05/woa05data.html> (consulta em 1 de Março de 2009)

- Apesar das ferramentas 3D disponíveis nos softwares SIG serem adequadas à representação tridimensional do terreno, não o são relativamente a alguns fenómenos oceânicos. Assim sendo, torna-se necessário representar graficamente, através de uma aplicação independente, os perfis verticais da temperatura, salinidade e pressão ao longo da coluna de água para cada localização (x, y) estudada.

2.3.3.3 Imagens de Detecção Remota (DR)

As imagens de DR da superfície do mar apresentam uma visão sinóptica das condições ambientais superficiais (Lucas, 1999). Na Figura 10, é apresentada uma imagem onde é possível visualizar a temperatura à superfície do Oceano.

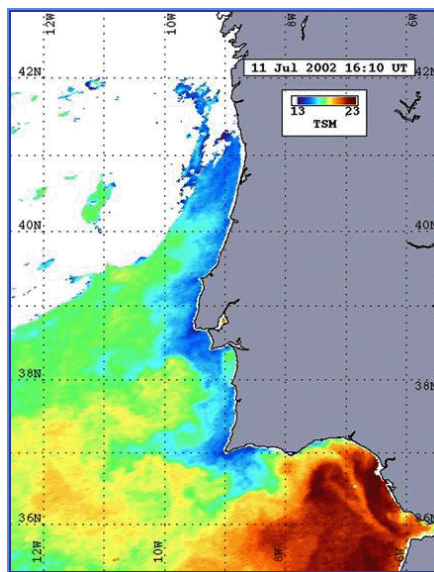


Figura 10 – Imagem onde é possível visualizar a temperatura superficial oceânica ao largo da costa portuguesa (Fonte: Faculdade de Ciências (2009))

A adopção de um único formato tem, assim, um efeito redutor nos resultados obtidos. O método mais adequado será a combinação de diferentes dados, nomeadamente os batimétricos, os de linha de costa, meteorológicos e oceanográficos, entre outros.

2.4 Meteorologia e Climatologia

2.4.1 Enquadramento

A multiplicidade e complexidade dos fenómenos atmosféricos impuseram, progressivamente, uma divisão no estudo da atmosfera. Por um lado, a comunidade científica tem interesse em estudar a evolução do dia-a-dia do estado da atmosfera, isto é, a meteorologia. Por outro lado, queremos conhecer as características

médias da atmosfera numa dada localização geográfica e numa dada época do ano, apresentando como objectivo a sua comparação com outros locais e estações do ano, ou seja, pretendemos conhecer o clima (Miranda, 2001).

Assim, enquanto a climatologia se apresenta como a ciência responsável pelo estudo do clima, a meteorologia estuda os sistemas (furacões, superfícies frontais, depressões, anticiclones, etc.) responsáveis pela variação de curto prazo das condições atmosféricas.

Torna-se importante salientar, ainda, que o clima e o tempo são duas formas complementares de descrever o mesmo sistema, utilizando essencialmente as mesmas variáveis – pressão atmosférica, temperatura do ar, humidade relativa, precipitação, intensidade e direcção do vento, entre outras – todavia, referem-se a diferentes escalas temporais.

2.4.2 Complexidade da Atmosfera

A aplicação dos SIG às áreas da climatologia e meteorologia tem-se defrontado com inúmeros problemas. De uma forma geral, estes associam-se à integração de quantidades significativas de diferentes tipos de dados, bem como com a complexidade e dinamismo dos fenómenos atmosféricos (Dyras e Ustrnul, 2007).

A atmosfera caracteriza-se por ser um ambiente turbulento e caótico. Ao visualizar-se uma imagem da atmosfera obtida através de um satélite (Figura 11), verifica-se “...um escoamento turbulento, cuja evolução é difícil de prever, caracterizado por extensas manchas nebulosas, organizadas em certas zonas das latitudes médias e junto do equador, em contínuo movimento e evolução. A complexidade revelada por estas fotografias é, no entanto, só uma pequena parte do problema. Se ampliarmos qualquer dos sistemas representados verificaremos que ele encerra outras formas de complexidade de menor escala, não acessível nas imagens de satélite, sendo a complexidade uma característica de todas as escalas de movimento atmosférico, desde os sistemas com a dimensão do próprio planeta, até às circulações térmicas, com poucas centenas de metros, que se observam junto da superfície” (Miranda, 2001).

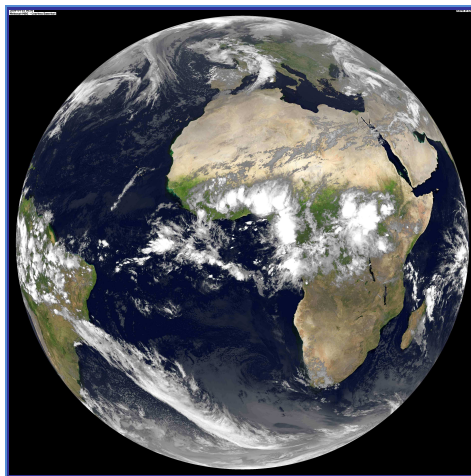


Figura 11 – Imagem obtida através do satélite METEOSAT-8 (Fonte: FVALK (2009))

2.4.3 Dados Meteorológicos

A concretização de um estudo científico à atmosfera exige, em primeiro lugar, a recolha e a organização dos dados meteorológicos. Para tal, torna-se necessário efectuar dois tipos distintos de observações: sensoriais, onde apenas são utilizados os órgãos sensoriais, principalmente os da vista, e instrumentais (Retallack, 1970).

Note-se, no entanto, que as “modernas” observações meteorológicas são executadas essencialmente através de:

- Sistemas de DR (satélites e radares meteorológicos);
- Estações Meteorológicas (sinópticas e climatológicas);
- Navios e aviões comerciais (através de comunicados regulares sobre as zonas onde se encontram).

As observações meteorológicas são peças fundamentais na descrição do estado da atmosfera. Para além disso, apresentam-se como decisivas na definição do “estado inicial”, permitindo, no seu seguimento, produzir previsões sobre o estado da atmosfera num futuro imediato, bem como para a qualificação do clima.

De uma forma geral, os meteorologistas representam o estado e a previsão da atmosfera em cartas meteorológicas 2D. Estas, e segundo o Instituto de Meteorologia (2009), são representações gráficas sobre áreas geográficas de um ou mais elementos e/ou grandezas meteorológicas, como se comprova através da leitura da Figura 12.

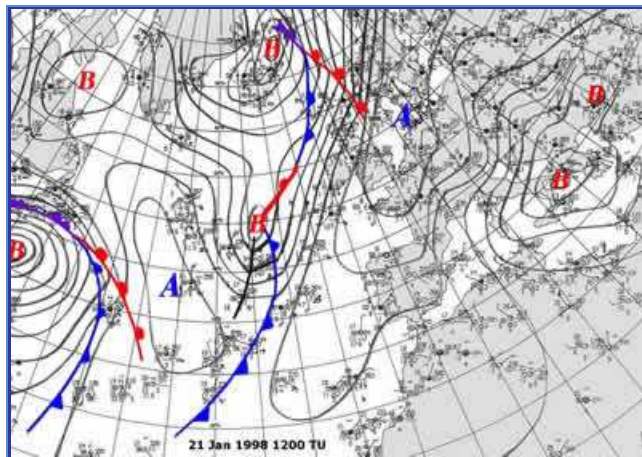


Figura 12 – Carta meteorológica do Atlântico Norte e Europa para o dia 21 de Janeiro de 1998 às 12 TU (Fonte: Instituto de Meteorologia (2009))

Um outro aspecto que importa focar consiste nas cartas de roteamento. Estas surgem com o objectivo de minimizar os acidentes marítimos provocados por causas naturais meteo-oceanográficas características de um dado local e época do ano. Sucintamente, o roteamento marítimo consiste em estabelecer o traçado geral de uma rota de navegação em função das condições meteorológicas médias, utilizando, para tal, elementos estatísticos fornecidos pela climatologia.

2.5 Detecção Remota (DR)

2.5.1 Enquadramento

A DR é uma ciência que trata dos métodos de observação da Terra por sensores instalados em satélites artificiais ou aeronaves (Fonseca e Fernandes, 2004). Estes sensores podem ser activos, quando emitem um sinal que é reflectido pelo corpo cuja posição ou propriedades se pretende conhecer (como o radar), ou passivos, quando se limitam a detectar e registar a energia electromagnética irradiada ou reflectida pelo corpo (Gaspar, 2004, p. 106).

Os satélites podem ser classificados, mediante a sua órbita (i.e., orientação, altitude e rotação em relação à Terra), em satélites geo-estacionários e não geo-estacionários. Enquanto os satélites geo-estacionários são lançados para posições a 36000 km de altitude sobre o plano do equador assumindo velocidades angulares semelhantes à da rotação da Terra, os satélites não geo-estacionários não se mantêm fixos sobre o mesmo ponto da superfície terrestre e deslocam-se sobre um plano que forma um determinado ângulo com o equador. Estes satélites podem-se deslocar em órbitas polares (passando repetidamente sobre os pólos), directas (inclinação relativamente ao eixo de rotação da Terra entre 0° e 90°, com movimentos de Oeste para Este) ou retrógradas (inclinação relativamente ao eixo de rotação da Terra entre 90° e 180° com deslocação de Este para Oeste). Podem ser, ainda, distinguidos dois tipos de sensores: os de observação da Terra e os meteorológicos. Enquanto os primeiros foram concebidos para caracterizar e monitorizar os recursos terrestres (floresta, agricultura), os meteorológicos foram criados para prever e monitorizar o tempo (Caetano, 2008).

A utilização de satélites oferece várias vantagens relativamente a outros métodos de observação como campanhas oceanográficas (por exemplo) ou a fotografia aérea. Estas vantagens englobam a cobertura sinóptica e global (inclusive em áreas remotas e de difícil acesso), frequência temporal (satélites proporcionam dados de modo contínuo com elevada repetibilidade), disponibilidade em formato digital e homogeneidade dos dados (Sobrino *et al.*, 2000). Deste modo, é largamente aplicada em áreas do conhecimento como a meteorologia, oceanografia, agricultura, geologia, cartografia, entre outras. Na Tabela 2 estão presentes algumas das possíveis aplicações da DR referentes às áreas de METOC.

Atmosfera	Oceano
Aerossóis	Cor/biologia
Humidade atmosférica	Topografia do oceano e correntes
Temperatura atmosférica	Ventos na superfície do mar
Ventos atmosféricos	SST
Tipo de nuvens, quantidade e temperatura no topo da nuvem	Altura e direcção da agitação marítima
Água líquida contida nas nuvens e precipitação	Turbidez
Ozono	Derrames de petróleo

Tabela 2 – Tabela com aplicações de DR (Fonte: Sobrino *et al.* (2000))

2.5.2 DR e Sistemas de Informação Geográfica

Os SIG possuem a capacidade de trabalhar com uma vasta variedade de dados geográficos de diferentes proveniências. É neste contexto que a DR se apresenta como uma fonte de dados por excelência em virtude de as imagens de satélite serem adquiridas em formato digital, o que facilita a sua manipulação pelos utilizadores SIG (Longley *et al.*, 2005).

Longley *et al.* (2005) referem que, da perspectiva dos SIG, a resolução é uma característica física chave dos sistemas de DR. Assim sendo, consideram três tipos distintos de resolução:

- Espacial (refere-se ao menor tamanho do objecto que pode ser detectado por um sensor, sendo a medida mais usual o pixel);
- Espectral (refere-se ao número e dimensão das regiões do espectro electromagnético que são possíveis de detectar pelo sensor);
- Temporal (refere-se à frequência temporal com que as imagens são recolhidas para uma mesma área da superfície terrestre, ou seja, a periodicidade da aquisição das imagens).

Nota: Jensen (2000) considera a resolução radiométrica (capacidade do sensor em detectar variações na intensidade de radiação reflectida ou emitida pelo terreno) como uma característica importante dos sensores.

Estas duas disciplinas, DR e SIG, apesar de terem sido desenvolvidas separadamente no passado, são complementares. Relativamente às formas de integração dos SIG com a DR, Miller e Rogan (2007) distinguiram quatro, designadamente:

- SIG podem ser usados para a manipulação de múltiplos tipos de dados;
- Os métodos de análise e processamento dos SIG podem ser usados na manipulação e análise de imagens de satélite;
- Dados de DR podem ser processados de modo a obter-se dados SIG;
- Dados SIG podem “guiar” a análise de imagens de DR de modo a extrair informação mais completa e exacta dos dados espectrais.

2.5.3 DR e Meteorologia

A utilização de imagens espaciais para a previsão meteorológica constituiu a primeira aplicação civil da DR por satélite. Esta utilização teve início no ano de 1960 com o lançamento, pelos Estados Unidos da América (EUA), do primeiro satélite meteorológico TIROS-1⁵ (Sobrino *et al.*, 2000).

Actualmente, a meteorologia é provavelmente a área científica que possui maior aplicabilidade ambiental na DR (Cracknell, 1999). De facto, vários países operam satélites meteorológicos que possuem, de um modo geral, uma reduzida resolução espacial e uma elevada resolução temporal. Esta última característica facilita a realização de observações frequentes superficiais da Terra, o que permite a monitorização das condições meteorológicas globais e a realização de previsões.

A agência *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), por exemplo, dos EUA detém um sistema operacional de satélites meteorológicos que fornecem imagens para as agências de previsão do tempo:

1. Os GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*) são satélites geo-estacionários, com órbitas equatoriais que fornecem imagens, em tempo real, para a previsão de tempo de curto período. Existem dois satélites GOES (Figura 13), situados a 36000 km de distância sobre o equador, um a 75°W de longitude que proporciona uma visão do continente americano e a maior parte do Oceano Atlântico, e um outro localizado a 135°W de longitude que observa o Oceano Pacífico e a América do Norte (Sobrino *et al.*, 2000).

⁵ *Television and Infrared Observation Satellite*

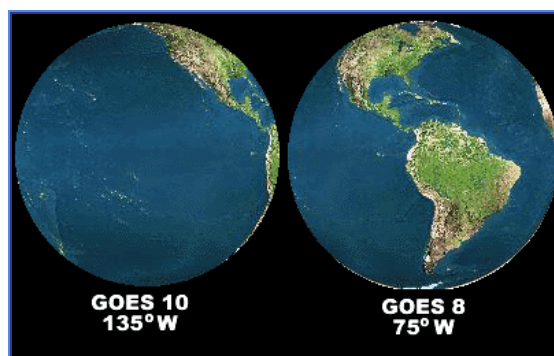


Figura 13 – Cobertura geo-espacial dos satélites GOES-8 (ou GOES-Este) e GOES-10 (ou GOES-Oeste) (Fonte: Short (2009a))

2. Os satélites POES (*Polar Orbiting Environmental Satellites*) são satélites com órbitas quase polares que fornecem imagens para a previsão de tempo de médio e longo período.

Actualmente, e para além do GOES, existem outros satélites meteorológicos geoestacionários em operação, os quais pertencem às séries METEOSAT⁶ e METEOSAT *Second Generation* (MSG) (da EUMETSAT⁷), GMS⁸ (do Japão), GOMS⁹ (da Rússia) e INSAT¹⁰ (da Índia) (Figura 14). Entre os satélites meteorológicos polares contam-se por exemplo, o METEOR (da Rússia) e o Fy-1¹¹ (da China).

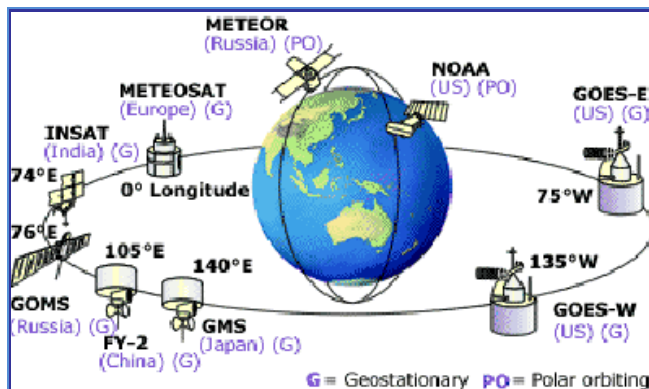


Figura 14 – Satélites meteorológicos (Fonte: Short (2009b))

É importante salientar, ainda, o programa de satélites DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*) e a missão TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) (cuja características estão resumidas nas

⁶ *Meteorological Satellite*

⁷ *Europe's Meteorological Satellite Organization*

⁸ *Geostationary Meteorological Satellite*

⁹ *Geostationary Operational Meteorological Satellite of Russia*

¹⁰ *Indian National Satellite*

¹¹ *Feng-Yun-1*

Tabela 3 e Tabela 4) que permitem a aquisição de dados e o conhecimento sobre a interacção oceano-atmosfera.

Quanto aos satélites DMSP, estes apresentam-se equipados com o radiómetro passivo de microondas SSM/I (*Special Sensor Microwave/Imager*) que opera em quatro frequências: 19.35, 22.235, 37 e 85.5 GHz. Por outro lado, a missão TRMM encontra-se equipada com o sensor de microondas TMI (*TRMM Microwave Imager*) que, segundo Lee *et al.* (2002), apesar de ser semelhante ao sensor SSM/I apresenta uma resolução espacial superior.

Estes sensores, em virtude de adquirirem a informação na região de microondas, operam independentemente das condições meteorológicas registadas. Esta é uma banda caracterizável por comprimentos de onda na ordem dos 30 cm a 1 mm, não sendo afectados pela dispersão atmosférica.

Frequência (GHz)	TRMM TMI	DMSP SSM/I
	Resolução espacial (km)	Resolução espacial (km)
10.65	63*37	
19.35	30*18	70*45
21.235		60*40
21.3	23*18	
37.0	16*19	38*40
85.5	7*5	16*14

Tabela 3 – Tabela com características dos sensores TMI e SSM/I (Fonte: Lee *et al.* (2002))

De modo concreto, e segundo Lee *et al.* (2002), os sensores SSM/I e TMI permitem a obtenção de dados sobre o ambiente marítimo, nomeadamente a taxa de precipitação, a velocidade do vento, a água líquida contida nas nuvens e o vapor de água.

Características/ Satélites	DMSP F8	DMSP F10	DMSP F11	DMSP F13	DMSP F14	DMSP F15	TRMM
Agência	Força Aérea dos EUA						NASA ¹² e JAXA ¹³
Tipo de órbita	Heliossíncrona, quase-polar						Não-heliossíncrona, equatorial, circular
Operacionalidade	1987 - 1991	1990 - 1997	1991 - 2000	1995 -	1997 - 2008	1999-	1997 –
Altitude (km)	832/851	728/841	841/878	844/856	840/860	837/851	350 km (1997/11/27 - 2001/08/08) 403 km (2001/08/24 - presente)
Inclinação	98,8°	98,8°	98,8°	98,8°	98,9°	98,9°	35°
Tempo de duração da órbita (minutos)	101.8	100.5	101.9	102.0	101.9	101.8	91

Tabela 4 – Características de satélites meteorológicos (Fontes: National Snow and Ice Data Center (2009a), National Snow and Ice Data Center (2009b), National Snow and Ice Data Center (2009c), National Snow and Ice Data Center (2009d), National Snow and Ice Data Center (2009e) e NASA (2009c))

¹² *National Aeronautics & Space Administration*

¹³ *Japan Aerospace Exploration Agency*

2.5.4 DR e Oceanografia

Até à década de 70 do século XX, todos os estudos relativos à distribuição de propriedades que caracterizam as massas de águas foram realizados com recurso aos métodos oceanográficos “tradicionais”, ou seja, instrumentos de recolha de dados *in situ*. Todavia, este tipo de processos implicava um elevado esforço financeiro, factor que por si só restringia o investimento na aquisição da informação tida como necessária. Com o aparecimento dos satélites, e a generalização da sua utilização na observação da Terra, este problema deixou de se colocar de uma forma tão vincada, tendo-se promovido uma crescente utilização da DR na área da Oceanografia Física¹⁴. É neste quadro que as imagens adquiridas por intermédio da DR, oferecem “... um potencial único ao permitir a observação sinóptica repetida da superfície do oceano em grandes escalas espaciais e ao longo de intervalos de tempo pluri-anuais. As aplicações da detecção remota vão desde o estudo científico dos oceanos (estudos da circulação à superfície, detecção de zonas frontais no mar, determinação do campo do vento à superfície, estudos de agitação marítima, observação das marés, medição do relevo do fundo, etc.) até aspectos ligados ao sector económico e à gestão dos recursos vivos (avaliação da produtividade das águas, detecção de zonas favoráveis a certas espécies de peixes e consequente apoio às pescas, determinação da concentração de sedimentos em suspensão, etc) e aspectos ligados ao ordenamento e à gestão do ambiente marinho (detecção de derrames de petróleo e de acumulações de outros poluentes, agitação marítima, observação de correntes, etc.)” (Ambar, s.d.).

Sobrinho *et al.* (2000) frisam que os satélites meteorológicos e de observação da Terra podem ser perfeitamente utilizados na observação do oceano. Alguns exemplos incluem o programa Envisat (*Earth Observation ENVironmental SATellite*) da *European Space Agency* (ESA), que se encontra equipado com instrumentos de caracterização da atmosfera, oceano, gelo e terra e o QuikSCAT (*Quick Scatterometer*) da NASA. No entanto, existem alguns satélites especializados para o estudo da oceanografia.

Neste último grupo, encontram-se o Seasat (primeiro satélite oceanográfico da agência NASA, lançado em Junho de 1978), o MOS (*Marine Observation Satellite*; do Japão), os ERS (*European Remote Sensing Satellite*), o Topex/Poseidon (*Ocean Topography Experiment*; da NASA e *Centre National d'Études Spatiale* – CNES), os Jason e o GFO (*Geosat Follow On*). Na Tabela 5 é possível visualizar algumas características dos satélites referidos (note-se que apenas são caracterizados os que são usados ao longo do trabalho).

¹⁴ Note-se que esta utilização é apenas para observações de superfície. De facto, os satélites não penetram na camada de água de modo suficiente para substituir os métodos tradicionais de observação *in situ*.

Características/ Satélites	TOPEX/Poseidon	Envisat	GFO	ERS-2	Jason-1
Operador	NASA e CNES	ESA	U.S. Navy	ESA	NASA e CNES
Operacionalidade	1992-2005	2002 -	1998 -2008	1995 -	2001 -
Tipo de órbita	Circular	Heliossíncrona, quase-polar	Circular, polar	Circular, polar e heliossíncrona	Heliossíncrona, circular e polar
Altitude (km)	1336	800	784	780	1336
Inclinação	66°	98.5°	108°	98.5°	66°
Resolução temporal (dias)	10	35	17	35	10
Nº de Instrumentos	6	10	5	8	5
Sensores dedicados à observação do oceano	ALT ¹⁵ , SSALT ¹⁶	ASAR ¹⁷ , MERIS ¹⁸ , AATSR ¹⁹ , RA-2 ²⁰ , DORIS ²¹ , LRR ²²	WVR ²³ , RA ²⁴ , LRA ²⁵	AMI ²⁶ , SAR ²⁷ , ATSR ²⁸	Altímetro Poseidon 2, DORIS, JMR ²⁹

Tabela 5 – Características de satélites com fins oceanográficos (Fontes: Valavanis (2002), NASA (2009a), NASA (2009b), ESA (2009a), ESA (2009b) e AVISO (2009))

¹⁵ Dual frequency Altimeter

¹⁶ Solid-State Altimeter

¹⁷ Advanced Synthetic Aperture Radar

¹⁸ Medium Resolution Imaging Spectrometer

¹⁹ Advanced Along Track Scanning Radiometer

²⁰ Radar Altimeter 2

²¹ Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

²² Laser Retro-Reflector

²³ Water Vapour Radiometer

²⁴ Radar Altimeter

²⁵ Laser Retro-Reflector Array

²⁶ Active Microwave Instrument

²⁷ Synthetic Aperture Radar

²⁸ Along Track Scanning Radiometer

²⁹ Jason Microwave Radiometer

2.6 METOC, REA e ferramentas SIG

Abreu e Chumbinho (1996, p. 3) destacam que “Se, por um lado, a crescente sofisticação dos sensores requer um conhecimento aprofundado do meio ambiente em que operam para que sejam correctamente avaliadas as suas possibilidades e limitações, por outro, o tipo de operações em que uma força naval poderá estar envolvida, muitas vezes em condições bastante delicadas e sob regras de empenhamento restritivas, é bastante diverso”. A diversidade de operações navais, onde as operações REA possuem um papel fundamental, encontra-se sintetizada na Tabela 6:

Operações	Acrónimos
<i>Anti-Air Warfare</i>	AAW
<i>Amphibious Warfare</i>	AMW
<i>Anti-Surface Warfare / Over-the-Horizon Targeting</i>	ASW/OTHT
<i>Command/Control/Communications/Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>	C4ISR
<i>Operations Other Than War</i>	OOTW
<i>Naval Special Warfare</i>	NSW
<i>Strategic Deterrence and Weapons of Mass Destruction</i>	STRAT/WMD
<i>Strike Warfare</i>	STRIKE
<i>Wargames and Training Issues</i>	WGT

Tabela 6 – Operações militares navais onde REA podem ter um papel fundamental e respectivos acrónimos (Fonte: *Committee on Environmental Information for Naval Use*, 2003)

Para além das já referidas operações, adicione-se, ainda, as relacionadas com os mergulhadores e os reabastecimentos no mar, entre outras (Figura 15).



Figura 15 – Exemplos diversos de operações navais (Fonte: Pacheco (2008))

É neste sentido que Abreu e Chumbinho (1996, p. 3) consideram que “... para uma consciente tomada de decisão num cenário militar naval é essencial a disponibilização, em escalas temporais táticas, de informação a mais actualizada possível sobre o meio marinho que rodeia uma força naval”. Esta informação deverá incluir os seguintes parâmetros (Tabela 7):

Parâmetros ambientais	AMW/ NSW	ASW	STRAT / WMD	STRIKE	MULTI ³⁰
Agitação marítima (altura e direcção)	X	X	X	X	X
Anomalias Magnéticas	X	X			X
Batimetria	X	X			X

Continua na página seguinte

³⁰ *Multi-Mission Scenarios*

Continuação da página anterior

Correntes marítimas superficiais e de fundo	x	x	x		x
Humidade	x	x	x	x	x
Icebergues		x			x
Marés (correntes, fases, alturas)	x	x	x		x
Natureza dos fundos marinhos	x	x	x		x
Nevoeiro	x	x	x	x	x
Nuvens (cobertura, tipo)	x	x	x	x	x
Perfis verticais de temperatura	x	x	x	x	x
Perfis verticais de velocidade de propagação do som na água	x	x	x		x
Ponto de orvalho	x	x	x	x	x
Portos	x	x	x		x

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

Precipitação (tipo, taxa, total)	x	x	x	x	x
Rotas Marítimas	x	x	x		x
Salinidade	x	x	x		x
Sunrise/sunset	x	x	x	x	x
Temperatura (ar, mar, terra)	x	x	x	x	x
Topografia (terra)	x	x	x		x
Turbidez	x	x	x		x
Variação horizontal da temperatura oceânica	x	x	x		x
Ventos (direcção e intensidade)	x	x	x	x	x

Tabela 7 – Parâmetros essenciais no âmbito de operações militares navais (Fonte: *Committee on Environmental Information for Naval Use* (2003))

É neste contexto que as actividades REA emergem como uma ferramenta de superior importância, proporcionando o acesso a uma visão conjuntural das estatísticas relativas às condições ambientais para uma determinada área geográfica e estabelecendo uma relação, do tipo causa-efeito, entre estas e a probabilidade de sucesso ou de risco presente numa qualquer operação militar. Como exemplo, projecte-se

este quadro para uma operação que envolva uma equipa de mergulho, a qual necessita de ter conhecimento dos parâmetros velocidade do vento, estado do mar e velocidade das correntes (em nós).

De um modo geral, as operações anfíbias, ou seja, todas aquelas que envolvam progressões do mar para terra, exigem o acesso a dados relativos a correntes, marés, humidade, batimetria, ventos, precipitação, nevoeiro, características do terreno, vegetação, nevoeiro, correntes e agitação marítima.

No que diz respeito às operações de carácter submarino e anti-submarino, os parâmetros requeridos são os respeitantes aos ventos, correntes, batimetria, agitação marítima, variações de salinidade e temperatura (vertical e horizontal) e perfis verticais de velocidade de propagação do som na água.

Note-se, contudo, que o acesso a tal vasto conjunto de recursos, bem como a sua eficiente distribuição pelos operacionais, constitui um problema de complexa resolução. Nestas circunstâncias, os SIG surgem como ferramentas essenciais para a aquisição, organização, análise, inquirição e distribuição de informação de METOC e geográfica no seio de operações militares (Dykes e Hancock, 2002), constituindo uma base sólida para compreender quais as áreas geográficas que apresentam condições ambientais adversas.

3 Estudos de Caso

O presente capítulo encontra-se dividido em três subcapítulos. O primeiro descreve, sucintamente, o historial dos SIG oceanográficos, o segundo concentra-se nos SIG meteorológicos e o terceiro nos WEBSIG marítimos.

3.1 SIG Oceanográficos

No que diz respeito aos SIG oceanográficos, estes referem-se a temas tão diversos como a poluição, a navegação, a caracterização ambiental do Sistema Oceano, as correntes oceânicas, a geologia marinha ou a caracterização de processos complexos, como é o caso do *upwelling*. Tal deve-se às capacidades demonstradas pelos SIG na aquisição, armazenamento, processamento, análise, visualização e apresentação de dados georreferenciados. Deste modo, e dada a versatilidade de aplicações dos SIG oceanográficos importa estudar a sua origem e referir, resumidamente, alguns dos projectos produzidos desde dos anos 90 até à presente data.

Em 1990, Manley e Tallet publicam um dos primeiros artigos relativos ao potencial dos SIG oceanográficos (Wright, 1999). Este surge na sequência de um crescimento exponencial de informação, o qual é resultado directo dos avanços tecnológicos oceanográficos produzidos nas décadas de 70 e 80. Estes autores assinalam a importância que os SIG desempenham na análise dos dados oceanográficos, físicos e químicos, e na possibilidade da sua representação tridimensional e volumétrica.

Contudo, a aplicação de um SIG “em tempo real” numa expedição de investigação apenas surge em 1996, da autoria de Wright e produzido no âmbito das expedições do Atlantis II. Este foi, sem dúvida, um importante avanço na matéria, pois passou a ser possível representar e interpretar *in situ* o universo de dados recolhidos pelo submersível *Alvin* no estreito de Juan de Furca (Oceano Pacífico).

Dando seguimento a este tipo de experiências, Palmer e Pruett produziram, em 1999, um SIG cujo objectivo foi concretizar a delimitação da totalidade das fronteiras marítimas globais. Para tal, os autores apresentaram uma metodologia de trabalho que considerou, entre outros elementos, as definições descritas pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar³¹. Dada a sua natureza dinâmica que caracteriza o objecto deste SIG, esta pretensão revela-se complexa e exigente, nomeadamente ao nível das suas actualizações.

Em 1999, Su apresenta, sob a forma de artigo, o projecto *Monterey Bay Marine GIS*, que integra:

- A. Tecnologia SIG que possibilita o expedito armazenamento e análise dos dados;
- B. Software de programação que permite uma percepção visual dos dados inclusos no projecto.

Esta aplicação fornece aos seus utilizadores, para além de uma análise e inquirição aos dados obtidos, um estudo dos processos oceanográficos na Baía de Monterey (Califórnia).

Relativamente ao panorama nacional, são dignos de realce os diversos projectos SIG realizados por Soares *et al.*, os quais surgem directamente relacionados com a navegação e poluição marítima. Estes autores apresentaram, em 2005, um SIG que permite determinar quais as áreas geográficas particularmente sensíveis ao impacto da poluição marinha.

3.2 SIG Meteorológicos

A tecnologia SIG, segundo Wel *et al.* (2004), apresenta-se como uma verdadeira novidade para a comunidade meteorológica. Estes autores indicam que a justificação para tal facto está relacionada com a dimensão temporal dos dados utilizados em meteorologia. De facto, “a potencialidade dos SIG, relacionada com as características espaço-temporais dos dados meteorológicos, ainda se encontra numa fase relativamente incipiente” (Perdigão e Moita, 2002).

Todavia, os SIG são frequentemente aplicados em meteorologia (Longley *et al.*, 2001, citados por Angelis *et al.*, 2007). Neste contexto é de realçar a acção COST 719 (de 2001 a 2006), a qual teve como objectivo a obtenção e divulgação de *know-how* e competências técnicas com vista a promover o aumento de utilizadores de ferramentas SIG na gestão e integração de dados climatológicos, meteorológicos e ambientais obtidos através de distintas fontes (Wel *et al.*, 2004).

Esta acção, e de acordo com Perdigão e Moita (2002), foi organizada nos seguintes grupos de trabalho (e objectivos):

³¹ Igualmente reconhecida como Lei do Mar.

- Acesso e disponibilidade dos dados:
 1. Acompanhar os desenvolvimentos dos utensílios SIG aplicáveis (software/hardware);
 2. Documentar a disponibilidade, conteúdo e acesso a BD Climáticas, Meteorológicas e Ambientais, incluindo metadados e desenvolvimentos futuros;
 3. Estabelecer *interfaces standards* entre os fornecedores de Sistemas SIG, definição e desenvolvimento de filtros adequados, de forma a possibilitar o intercâmbio de dados entre as diferentes instituições envolvidas;
- Interpolação Espacial: a acção deste grupo abrangia o estabelecimento de um inventário de funcionalidades de interpolação, já disponíveis nos pacotes SIG e software estatístico, de forma a poder:
 1. Estudar o potencial e as limitações das funcionalidades dos pacotes SIG (interpolação), para a espacialização de dados meteorológicos e climáticos;
 2. Estabelecimento e inventário das potencialidades de utilização actual das aplicações SIG em meteorologia e climatologia, tendo em conta as necessidades da comunidade envolvida e as limitações potenciais para futuros desenvolvimentos;
 3. Comparação com outros algoritmos de espacialização;
 4. Implementação de recomendações/especificações para utensílios SIG, relacionados com a espacialização adaptada a aplicações meteorológicas e climáticas, tendo em conta os desenvolvimentos do sector.
- Aplicações SIG: este grupo realizou três tipos de aplicações:
 1. Cartografia da precipitação, em mesoescala, utilizando informação de diversas fontes: imagens de satélite, modelos de previsão meteorológica, e informações sinóticas e climatológicas, para a previsão de cheias e inundações (Polónia);
 2. Cartografia da temperatura em áreas montanhosas (França);
 3. SIG nas estradas, previsão de ocorrência de gelo/degelo (Reino Unido).

3.3 WEBSIG de METOC

3.3.1 Sistema de Informação de Climatologia Meteo-Oceanográfica (SICMO)

Em 1997, o IH iniciou o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica relativo ao ambiente marítimo (SIGAMAR). Contudo, este sofreu uma ampliação relativamente aos seus conceitos e estrutura, da qual resultou a Infra-estrutura de Dados Espaciais sobre o Ambiente Marinho (IDAMAR) que, de acordo com Pacheco (2006), é constituída por uma série de componentes tais como hardware e software, uma base de dados e política de dados, metadados, recursos humanos, produtos autónomos, formação, catálogos de dados, produtos WEB, serviço de dados e uma infra-estrutura de comunicações. Em termos de apoio REA, a IDAMAR disponibiliza um produto de informação – o SICMO. Este “contém aproximadamente 60 camadas temáticas de dados e inclui um atlas climatológico de hidrologia com

cobertura mundial, resolução espacial de 1 grau (aproximadamente 110 km² no equador), com perfis verticais da coluna de água desde a superfície até uma profundidade máxima de 1500 metros (Figura 16). Estes perfis incluem dados de uma série de propriedades físicas e químicas da água do mar tais como: salinidade, velocidade de propagação do som, temperatura, densidade, pressão, nutrientes inorgânicos dissolvidos, entre outros” (Nobre, 2006, p. 65). A realização destes perfis teve como base a escrita de rotinas, na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0, os quais possibilitaram a leitura, processamento e visualização de dados estatísticos dos parâmetros hidrológicos referidos (processados por Levitus em 2001).

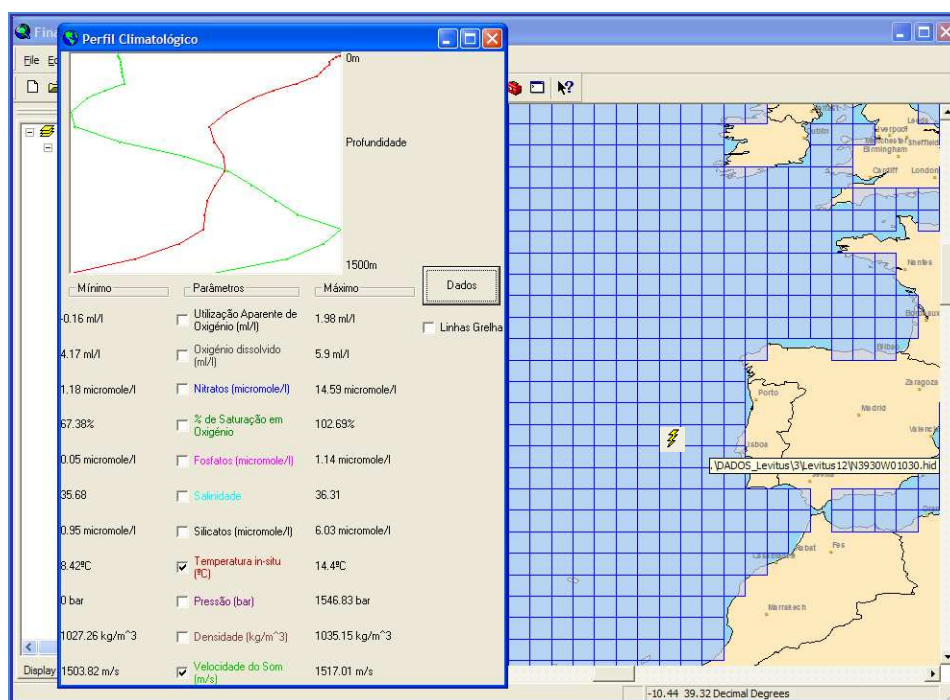


Figura 16 – Perfis verticais contidos no SICMO de temperatura (a vermelho) e velocidade do som (verde) ao largo de Lisboa

O sistema contém, para além do mencionado atlas e dos dados de base em formato vectorial (limites políticos, cidades, rios e lagos, batimetria mundial, rotas marítimas), um diversificado conjunto de dados estatísticos de METOC (ventos e correntes superficiais, precipitação, pressão atmosférica, nevoeiro, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), zona limite de icebergues, *Sea Surface Temperature* (SST) e agitação marítima) fundamentais para a eficiente caracterização do sistema atmosfera – oceano.

Este WEBSIG foi desenvolvido e disponibilizado em duas redes distintas, tendo por base a mesma aplicação de suporte – ArcIMS:

1. Intranet do IH.

2. Website do IH (<http://websig.hidrografico.pt/website/sicmo/viewer.htm>) (Figura 17).

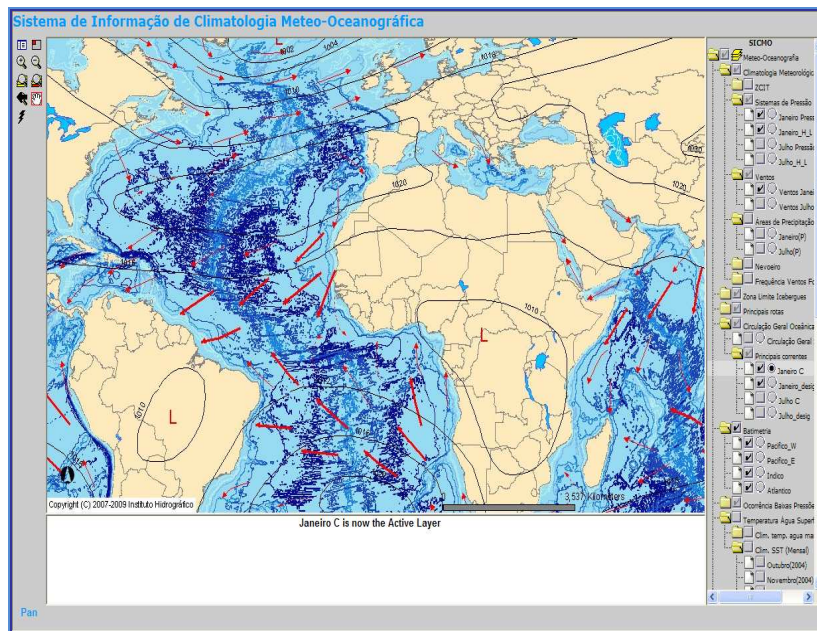


Figura 17 – SICMO disponível no website do IH (Fonte: Instituto Hidrográfico (2009b))

3.3.2 Marine Irish Digital Atlas (MIDA)

O MIDA, desenvolvido pelo *Coastal & Marine Resources Center* da Universidade de Cork (Irlanda), é um portal que disponibiliza informação relativamente à orla costeira e marítima da Irlanda e cujo núcleo é constituído por um WEBSIG (Dwyer *et al.* (2003)).

Este atlas disponibiliza mais de 70 camadas temáticas disponibilizadas por várias organizações tais como a NOAA, a Comissão Europeia, o Serviço Naval da Irlanda ou a *European Environment Agency* (EPA). Estas, na sua maioria em formato vectorial, foram agrupadas da seguinte forma:

1. Biologia (distribuição de algas, locais de observação de mamíferos marinhos, áreas de pesca);
2. Actividades socioeconómicas (locais de aquaculturas e praias de bandeira azul, por exemplo);
3. Administração (linhas de costa, áreas protegidas, parques nacionais, reservas naturais, portos e cidades).
4. Física
 - a) Batimetria;
 - b) Clima (valores médios mensais de precipitação);
 - c) Geologia costeira;
 - d) Hidrologia (rios e lagos);
 - e) Imagens de satélite do sensor MODIS³², SPOT³³ e LANDSAT³⁴;

³² Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

³³ Systeme pour l'Observation de la Terre

- f) Infra-estruturas de segurança da navegação (bóias, faróis, cabos submarinos, sinais de nevoeiro);
- g) Oceanografia: dados mensais de SST de 2002 e 2003, localizações de marégrafos, valores médios de agitação marítima e de amplitude das marés;
- h) Topografia (Modelo Digital do Terreno).

O MIDA disponibiliza, igualmente, um mapa interactivo que permite a pesquisa e visualização das camadas temáticas, permitindo o acesso a uma secção onde é possível aceder aos metadados e proceder ao *download* da informação pretendida (Figura 18).



Figura 18 – WEBSIG do MIDA (Fonte: MIDA (2009))

3.3.3 NOAA nowCOAST

A agência NOAA produz uma variedade de WEBSIG com informação de METOC. Destes saliente-se o nowCOAST³⁵, o qual é sustentado por uma plataforma desenvolvida a partir da aplicação ArcIMS da ESRI® e que possibilita uma pesquisa multi-critério através da qual o utilizador pode seleccionar sequencialmente (assinalado a vermelho na Figura 19):

³⁴ Land Satellite

³⁵ A versão 4.3 está disponível no website <http://nowcoast.noaa.gov/> (último acesso em 14 de Maio de 2009)

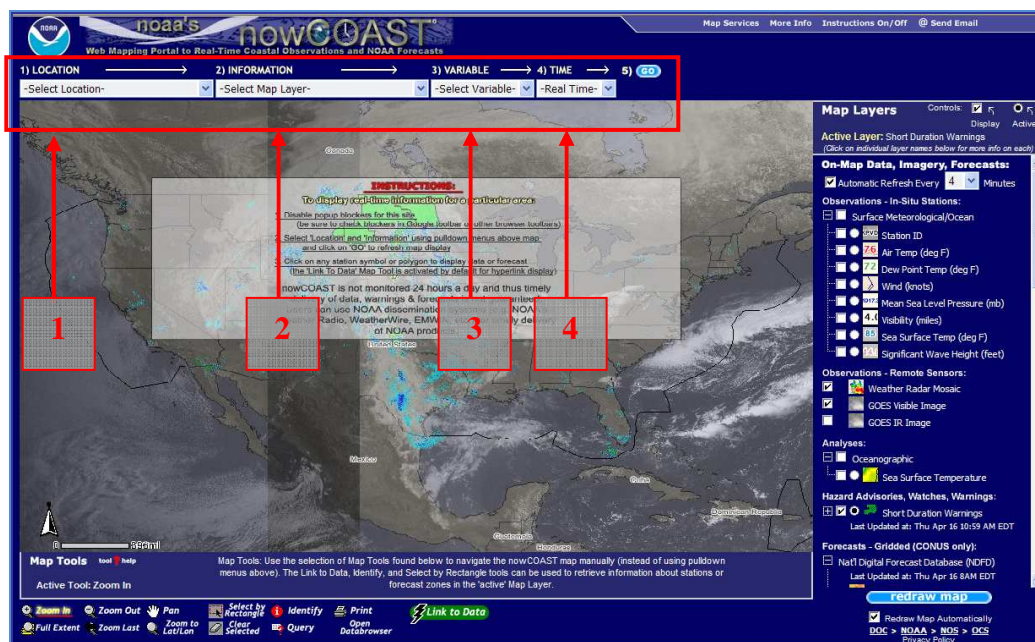


Figura 19 – WEBSIG de NOAA nowCOAST (Fonte: NOAA (2009))

1. A localização geográfica que se pretende visualizar (regiões, estados costeiros, estuários, lagos e portos dos EUA);
2. As diversas camadas temáticas apresentadas, as quais se dividem, essencialmente, em dois grandes grupos:
 - *On-map data, imagery, forecasts*: neste grupo, o utilizador tem a possibilidade de seleccionar dados pertencentes aos seguintes subgrupos:
 - i. Observações (em tempo real) *in situ* de fenómenos meteorológicos/oceanográficos tais como temperatura do ar, ponto de orvalho, ventos, visibilidade, SST e altura significativa da ondulação;
 - ii. Observações (imagens) obtidas através de sistemas de DR (RADAR e GOES);
 - iii. Análises meteorológicas (temperatura do ar, velocidade do vento em formato de seta, vectorial ou raster) e oceanográficas (SST);
 - iv. Avisos da possível ocorrência de catástrofes naturais (tornados, tempestades, inundações);

- v. Previsões realizadas pela NOAA de temperatura do ar (valores máximos e mínimos), humidade relativa, velocidade do vento, precipitação e altura significativa da ondulação;
- *Geo-referenced links*: este grupo que remete o utilizador para *websites* externos encontra-se dividido em seis subgrupos:
 - i. Observações em tempo real meteorológicas (temperatura do ar, precipitação, humidade relativa, pressão, radiação solar, ventos, entre outros) e oceanográficas (salinidade, correntes superficiais, SST, ondulação, altura das águas do mar, temperatura sub-superficial das águas marítimas);
 - ii. Observações obtidas através de sistemas de DR;
 - iii. Previsões de maré;
 - iv. Previsões (obtidas através de modelos) de fenómenos meteorológicos e oceanográficos;
 - v. Previsões de fenómenos de superfície;
 - vi. Discussão de previsões.
3. O (s) parâmetro (s) que pretende visualizar. Por exemplo, ao seleccionar-se no ponto 2 as observações *in situ* superficiais de fenómenos meteorológicos/oceanográficos, o utilizador terá a possibilidade de seleccionar dados referentes aos parâmetros de temperatura do ar, vento, pressão, visibilidade, SST e altura significativa da ondulação (Figura 20).
 4. Período de tempo.

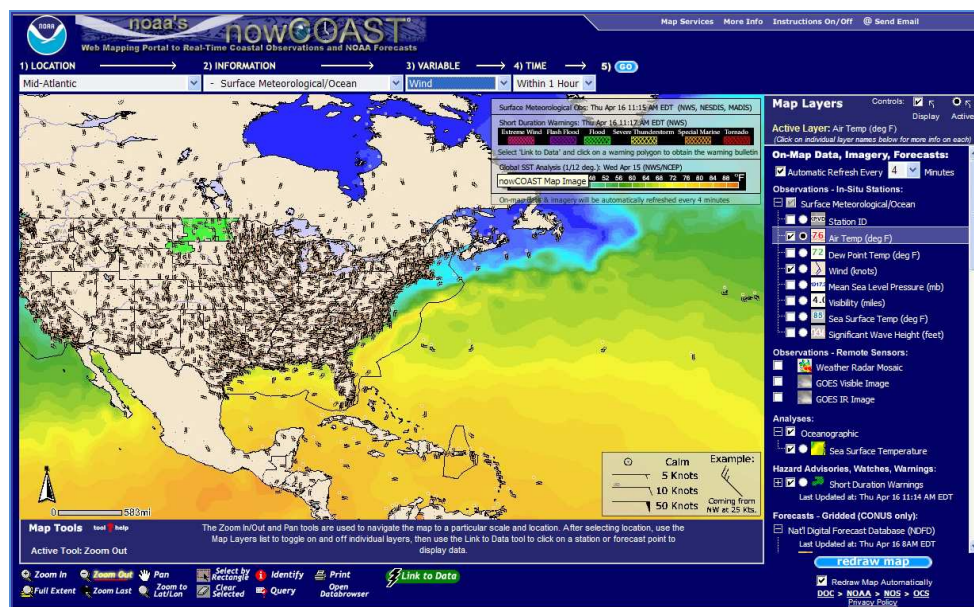


Figura 20 – WEBSIG de NOAA nowCOAST com informação de SST e ventos (Fonte: NOAA (2009))

3.3.4 Síntese dos estudos de caso

Dos três WEBSIG estudados, o SICMO apresenta-se como o único elaborado no sentido de apoiar a primeira fase do REA (até porque esse já era um dos seus objectivos definidos), processo fundamental para o planeamento de operações de uma instituição militar, como é o caso do IH. Todavia, os dois outros exemplos disponibilizam importante informação de METOC proporcionando o aprofundar do conhecimento sobre o oceano e atmosfera.

Relativamente à cobertura espacial, o SICMO apresenta uma cobertura mundial em oposição ao MIDA e ao NOAA nowCOAST, os quais cobrem, apenas, a orla costeira da Irlanda e dos Estados Unidos da América (EUA), respectivamente.

Em termos de profundidades oceânicas, o MIDA revela dados batimétricos e geológicos costeiros e o SICMO oferece uma caracterização da coluna de água, disponibilizando perfis verticais de temperatura, velocidade de propagação do som na água e salinidade. No entanto, este último apresenta algumas lacunas face à ausência de dados além dos 1500 metros de profundidade, bem como o de não incluir uma distribuição horizontal dos referidos parâmetros.

Relativamente aos dados meteorológicos, o MIDA disponibiliza, unicamente, dados estatísticos mensais de precipitação ao invés do SICMO que proporciona o acesso a uma quantidade significativa de dados meteorológicos referentes aos meses de Janeiro e Julho. Quanto ao NOAA nowCOAST, este publica uma quantidade significativa de dados meteorológicos em tempo real. No que diz respeito aos dados de oceanografia, o NOAA nowCOAST tem como principal desvantagem o apresentar da maioria dos dados (salinidade e correntes, por exemplo) em formato de texto. O MIDA, por sua vez, apresenta os dados em

formato vectorial (ponto) e o SICMO tem como mais-valia o fornecimento de perfis verticais de temperatura, velocidade de propagação do som na água e salinidade, bem como a frequência de ondulação (em percentagem) para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro.

A Tabela 8 apresenta a comparação dos WEBSIG em termos de cobertura espacial, profundezas oceânicas, dados de METOC, metadados e ferramentas de exploração.

	SICMO	MIDA	NOAA nowCOAST
Cobertura Espacial	Mundial	Costa e Mar da Irlanda	Orla costeira dos EUA
Profundezas Oceânicas	Batimetria, perfis verticais de Temperatura (T), Velocidade de propagação do som na água (V) e Salinidade (S)	Batimetria e geologia costeira	Temperatura sub – superficial das águas
Dados Meteorológicos	Precipitação, nevoeiro, sistemas de pressão, atmosférica, ventos, ZCIT, ventos fortes	Precipitação	Ventos, pressão, ponto de orvalho, visibilidade, temperatura do ar, cobertura de nuvens, precipitação, humidade relativa, neve, radiação solar, tempo, ventos
Dados Oceanográficos	Perfis hidrológicos de T, V e S, correntes superficiais, SST, frequência de ondulação	SST, dados médios de amplitude da maré, altura média da ondulação, aumento do nível do mar, ondas swell e sea	SST, ondulação, correntes, salinidade, nível do mar, temperatura sub – superficial
Metadados	Não	Sim	Sim
Ferramentas de exploração	Aproximação e afastamento da área geográfica de interesse e hiperligação aos perfis	Aproximação e afastamento da área geográfica de interesse e inquirição das camadas temáticas	Aproximação e afastamento da área geográfica de interesse, hiperligação a websites, identificação e inquirição das layers e impressão dos dados.

Tabela 8 – Tabela comparativa entre os três WEBSIG estudados

4 Metodologia de Implementação do SIG

4.1 Enquadramento

O presente capítulo descreve a metodologia utilizada na construção e implementação do SIG de METOC relativo à primeira fase de apoio REA (Figura 21). Assim, a primeira etapa focou-se numa tomada de consciência da necessidade de operacionalizar a disponibilização de informação de um modo eficiente e eficaz (consciencialização inicial) que teve origem num dos técnicos responsáveis pela aquisição e processamento de dados (pressão *bottom-up*).

Paralelamente à primeira etapa, efectuou-se uma análise SWOT de investimento num produto SIG, avaliando-se os seus pontos fortes (*strenghts*) e pontos fracos (*weaknesses*), bem como a possibilidade de oportunidades (*opportunities*) e ameaças (*threats*) (Julião, 2009).

Como principal objectivo para esta primeira parte, destaque-se a identificação de dados, métodos de armazenamento e necessidades relativas a software, hardware e rede de comunicações.

De seguida, procedeu-se à construção de um caso de estudo empresarial, o qual exigiu uma pesquisa a dois níveis de ambiente, um externo e outro interno. Relativamente a este último, apresenta-se de superior importância proceder-se à análise das necessidades dos utilizadores, bem como assinalar e descrever, com o maior detalhe possível, os custos, os benefícios e os riscos associados à implementação do SIG.

Assim, e após a fase de implementação, torna-se necessário efectuar operações de manutenção e revisão do produto SIG.

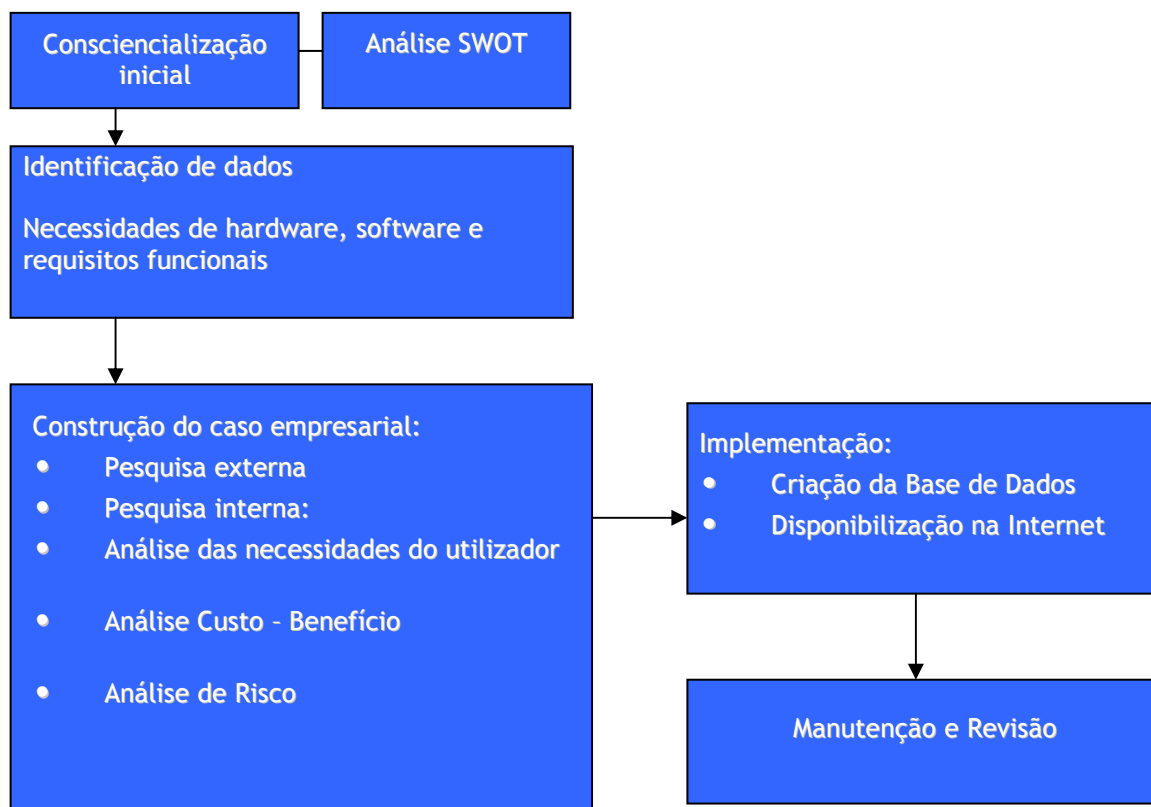


Figura 21 – Metodologia de desenvolvimento do SIG (Fonte: Julião (2009))

4.2 Consciencialização inicial

Tomlinson (2003) destaca que os elementos-chave para que um SIG seja implementado com sucesso são o conhecimento adequado da missão e objectivos da instituição em causa e a identificação dos produtos de informação SIG que a poderão beneficiar. Neste sentido, o sistema desenvolvido procura dar uma resposta à necessidade do IH, aquando do planeamento de actividades REA, em possibilitar o acesso a informação estatística de carácter ambiental, com uma discriminação mensal e à escala mundial. Com vista ao alcance de tal objectivo, realizou-se uma análise SWOT (descrita anteriormente).

Relativamente aos Pontos Fortes registados, saliente-se a facilidade de acesso (flexibilidade) à informação por parte dos utilizadores (funcionários e clientes) e a poupança temporal em tarefas de pesquisa.

Quanto a Pontos Fracos, estes relacionam-se com a elevada complexidade do sistema a implementar, com a morosidade das etapas realizadas e com a necessidade de estar ligado à internet para se obter acesso ao sistema.

No que diz respeito às Oportunidades, destaque-se o acesso a um elevado número e tipo de dados resultante da cooperação do IH com instituições internacionais. Para além disso, é de salientar o aumento

de capacidades tecnológicas e de conhecimentos em sistemas de informação e a possibilidade de gerar uma nova série de produtos ambientais.

Relativamente às Ameaças, a desactualização dos dados e o surgimento de novas tecnologias podem colocar em risco todo o trabalho desenvolvido, caso os responsáveis não procedam à devida manutenção. Para além disso, é de salientar que actualmente apenas uma pessoa é responsável pelo sistema.

4.3 Selecção de software, hardware e identificação de dados

O momento da escolha do software SIG a utilizar é entendido como uma peça crucial em todo o esquema organizativo a implementar, cujo sucesso implicará um bom desempenho dos técnicos que o irão utilizar (Bernhardsen, 1999). Aquando da implementação do projecto IDAMAR, o IH já se tinha deparado com uma exigência deste género, tendo para isso seleccionado e adquirido o sistema ArcGIS® da ESRI®. Deste modo, neste projecto foi utilizado o seguinte software:

- SIG ArcGIS® Desktop 9.3 que integra as aplicações ArcMap™, ArcToolbox™ e ArcCatalog™. De modo sucinto, enquanto a aplicação ArcMap™ facilita a análise e produção de mapas e a aplicação ArcToolbox™ contém ferramentas para conversão e processamento de dados, a aplicação ArcCatalog™ facilita o acesso e a gestão dos dados. Para além das referidas aplicações, foram utilizadas as extensões Military Analyst e Spatial Analyst.
- Software ArcGIS® Server 9.3, plataforma da ESRI®, que possibilita a eficiente partilha de informação geográfica através da Intranet e Internet.

Foram ainda programadas rotinas de processamento através das seguintes linguagens de programação:

- Microsoft® Visual Basic 6.0 que, segundo Petroustos (1998), é um ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment* - IDE) a partir do qual é possível desenvolver, correr, testar e depurar³⁶ as aplicações.
- A linguagem *open source* PHP (*Hypertext Preprocessor*), desenhada para o desenvolvimento de conteúdos dinâmicos na Internet e bastante popular entre os utilizadores, principalmente devido ao facto de a sua distribuição ser gratuita, funcionar em diferentes sistemas operativos e possuir um amplo suporte técnico. Salienta-se, ainda, a sua interacção com uma vasta variedade de BD, tais como: Microsoft® SQL Server, MySQL, Oracle, Sybase, entre outras (PHP, 2009). No entanto, destaque-se que esta linguagem oferece funções específicas de ligação, leitura e consulta com o SGBDR MySQL, o que torna a aplicação conjunta de PHP e MySQL expedita e eficiente.

³⁶ Depuração ou debug

Associada à questão do software surge a do hardware. Não houve necessidade em adquirir novas estações de trabalho, uma vez que a instituição de acolhimento se encontrava devidamente equipada nesse aspecto. No que diz respeito à identificação dos dados a utilizar, estes foram agrupados em cinco camadas temáticas: dados de base mundiais, ambientais, de meteorologia terrestre, de meteorologia marítima e de oceanografia (Tabela 9).

Grupos temáticos	Camadas temáticas	Observações
Dados de Base Mundiais	Limites políticos Cidades Mares Oceanos Lagos Rios Portos ZEE	Dados de enquadramento geográfico
Dados Ambientais	Batimetria Vegetação Áreas protegidas Rotas Marítimas Toponímia de Fundo Marégrafos Vulcões Dados históricos de ocorrência de tempestades, tsunamis e sismos	Dados de relevância para o sistema
Dados de Meteorologia Terrestre	Amplitude Térmica Diária Frequência de dias com geada Precipitação Frequência de precipitação Humidade relativa Insolação Velocidade do vento	Dados essenciais para a caracterização das condições atmosféricas terrestres
Dados de Meteorologia Marítima	Água líquida contida nas nuvens Taxa de precipitação Vapor de água Velocidade do vento	Dados essenciais para a caracterização das condições atmosféricas marítimas
Dados de Oceanografia	Dados de Temperatura, Salinidade e Velocidade de propagação do som na água Agitação Marítima	Dados essenciais para a caracterização das condições oceanográficas.

Tabela 9 – Tabela que revela os grupos de dados incluídos no projecto

Através do processo de interpolação espacial³⁷ os dados de METOC acima referidos são superfícies contínuas, ou seja, possuem representação em todo o espaço geográfico e variam de valor ao longo dos vários locais.

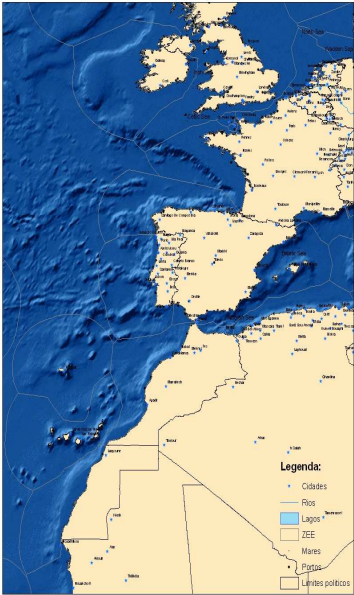
Apesar de tanto a estrutura vectorial como a matricial poderem ser utilizadas para codificar estas superfícies, tende-se a registar uma forte associação entre o modelo matricial e a perspectiva “superfícies contínuas” (Painho e Curvelo, 2007). Deste modo, foi determinado que os dados de METOC deveriam ser disponibilizados mediante o recurso ao modelo matricial.

Para além disso, foi necessário determinar qual o sistema de referência mais adequado à representação e integração da totalidade dos dados referidos. No presente projecto foi utilizado o WGS84 (*World Geodetic System of 1984*) visto ser o datum geodésico global que a instituição de acolhimento adoptou para todos os seus trabalhos em SIG, tornando-os directamente compatíveis entre si.

Nota: Em termos de síntese, as tabelas seguintes revelam algumas características dos dados adquiridos, nomeadamente o formato, fonte, atributos, escala, projecção original e data.

³⁷ Longley *et al.* (2005) salientam que o princípio subjacente à interpolação espacial é a lei de Tobler: “todos os locais estão relacionados, mas aqueles que se encontram mais próximos estão mais relacionados”.

1. Dados Base Mundiais

Dados	Formato	Fonte	Atributos	Escala	Data	Projeção Original	Exemplo ilustrativo
Limites Políticos	Vectorial (Polígonos)	NOAA	Área, Perímetro, Nome	1: 250000	2008	WGS84	
Mares	Vectorial (Pontos)	Website http://www.marbef.org/data/gazetteer.php?p=browser	Nome, Latitude, Longitude	—	2009	WGS84	
Cidades Mundiais	Vectorial (Pontos)	ESRI® Data & Maps 9.3	Nome, país, população, status	—	2008	WGS84	
Rios	Vectorial (Linhas)	ESRI® Data & Maps 9.3	Nome, sistema a que pertence, quilómetros	—	2008	WGS84	
Lagos	Vectorial (Polígonos)	ESRI® Data & Maps 9.3	Área, nome, profundidade	—	2008	WGS84	
Portos	Vectorial (Pontos)	NOAA (Pub. 150)	Nome, Latitude, Longitude	—	2005	WGS84	

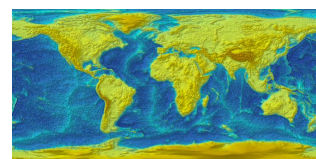

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

Zona Económica Exclusiva (ZEE)	Vectorial (Polígonos)	IH	ZEE, país, área	–		WGS84	
Earth	Raster	ESRI® Data & Maps 9.3		1:7500 000	2008	WGS84	

Tabela 10 – Dados de base mundiais

2. Dados Ambientais

Dados	Formato	Fonte	Atributos	Escala	Data	Projecção Original	Exemplo ilustrativo
Batimetria	Raster	GEBCO (<i>General Bathymetric Chart of the Oceans</i>)	Profundidades e altitudes (em metros)	1: 1000 000	2008	WGS84	
Vegetação	Vectorial (Polígonos)	VMAP0	Classificação, área, perímetro	1: 1000 000	2009	WGS84	

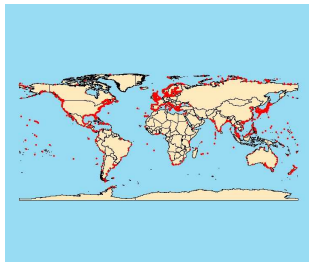
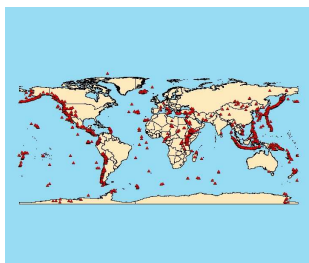

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

Áreas protegidas (marinhas e terrestres)	Vectorial (Polígonos)	Website http://www.wdpa.org/AnnualRelDownloads.aspx	Nome, fonte, tipo, área, perímetro	—	2009	WGS84	
Rotas Marítimas	Vectorial (Linhas)	Publicação <i>Ocean Passages for the World</i>	Classificação das rotas em <i>green</i> (usadas durante todo o ano), <i>blue</i> (usadas de Outubro a Abril) e <i>red</i> (usadas de Maio a Setembro)	—	2005	WGS84	
Toponímia e morfologia dos fundos oceânicos	Vectorial (Linhas)	NOAA (http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco/underseafeatures.html)	Nome, tipo, latitude e longitude	—		WGS84	

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

Marégrafos	Vectorial (Pontos)	IH	Nome, latitude, longitude	—	2005	WGS84	
Vulcões	Vectorial (Pontos)	NOAA (http://map.ngdc.noaa.gov/website/se/g/hazards/)	Nome, localização, latitude, longitude, elevação, morfologia, estado	—	2005	WGS84	
Dados históricos de ocorrência de sismos	Vectorial (Pontos)	NOAA (http://map.ngdc.noaa.gov/website/se/g/hazards/)	Ano, mês, dia, hora, minutos, país, localização, latitude, longitude, profundidade (km), magnitude, intensidade, nº de mortos, nº de feridos	—	-2150 – 2004	WGS84	

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

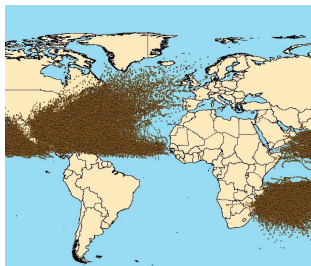
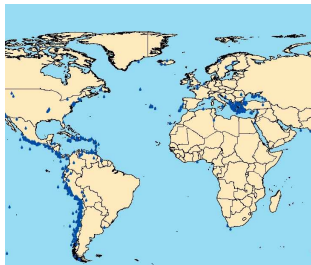


Dados históricos de ocorrência de tempestades (Atlântico, Pacífico, Índico)	Vectorial (Pontos)	NOAA	Ano, mês, latitude, longitude, valores máximos de vento e valores de pressão	—	1851 – 2007	WGS84	
Dados históricos de ocorrência de tsunamis	Vectorial (Pontos)	NOAA (http://map.ngdc.noaa.gov/website/se/g/hazards/)	Ano, mês, dia, hora, minutos, país, localização, código da região, latitude, longitude, profundidade, magnitude, nº de mortos, nº de feridos.	—	-2000 – 2004	WGS84	

Tabela 11 – Dados ambientais

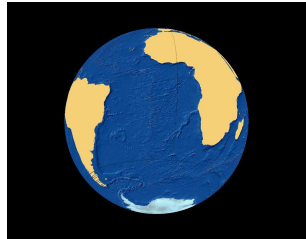
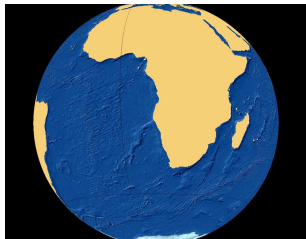
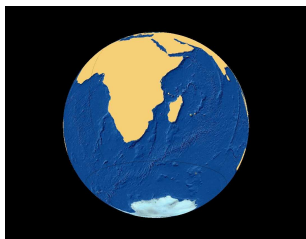
3. Dados de Meteorologia (Terrestre)³⁸

Dados	Formato	Fonte	Atributos	Escala	Período	Projeção Original	Exemplo ilustrativo
Amplitude térmica diária (<i>Diurnal Temperature Range</i>)	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Valores de temperatura (em °C)	–	1961-1990	WGS84	
Frequência de dias com geada (<i>Frost days</i>)	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Número de dias frios em valores percentuais	–	1961-1990	WGS84	

Continua na página seguinte

³⁸ Os dados de meteorologia terrestre obtidos do Instituto Oceanográfico Australiano foram originalmente adquiridos nos websites <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg.htm>, www.worldclim.org

Continuação da página anterior

Temperatura Média <i>(Mean Temperature)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Valores de temperatura (em °C)	—	1961-2000	WGS84	
Precipitação <i>(Precipitation)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Valores de precipitação em milímetros (mm)	—	1961-2000	WGS84	
Frequência de dias com precipitação <i>(Rain Days)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Número de dias de chuva em valores percentuais	—	1961-1990	WGS84	

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior


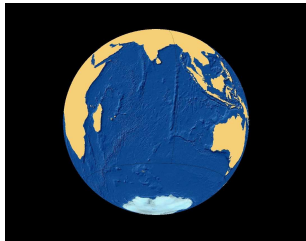

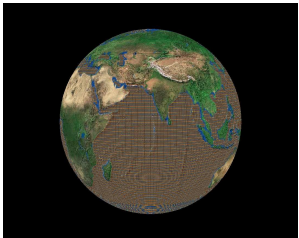
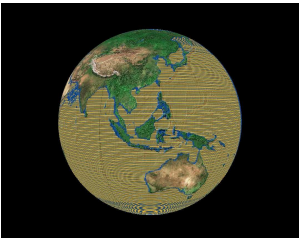
Humidade Relativa <i>(Relative Humidity)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Valores de humidade relativa (em percentagem)	–	1961-1990	WGS84	
Insolação <i>(Sunshine)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Valores de insolação (em percentagem)	–	1961-1990	WGS84	
Velocidade do Vento <i>(Wind Speed)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano	Valores de velocidade do vento em m/s e nós.	–	1961-1990	WGS84	

Tabela 12 – Dados de meteorologia terrestre

4. Dados de Meteorologia (Marinha)³⁹

Dados	Formato	Fonte	Atributos	Escala	Período	Projeção Original	Exemplo ilustrativo
Água líquida contida nas nuvens <i>(Cloud Liquid Water)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano (dados obtidos através dos sensores SSM/I e TMI);	Latitude, longitude, média, desvio-padrão, valores máximos, nº de observações	–	1987-2008	WGS84	
Taxa de Precipitação <i>(Precipitation Rate)</i>	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano (dados obtidos através dos sensores SSM/I e TMI);	Latitude, longitude, média, desvio-padrão, valores máximos, nº de observações	–	1987-2008	WGS84	

Continua na página seguinte

³⁹ Os dados de meteorologia marinha obtidos do Instituto Oceanográfico Australiano foram originalmente adquiridos no website www.ssmi.com

Continuação da página anterior

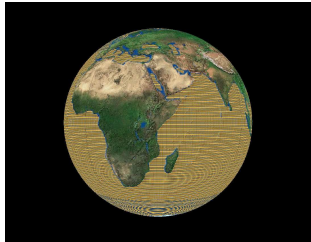
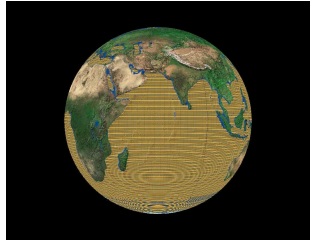

Vapor de Água (<i>Water Vapour</i>)	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano (dados obtidos através dos sensores SSM/I e TMI);	Latitude, longitude, média, desvio-padrão, valores máximos, nº de observações	–	1987- 2008	WGS84	
Velocidade do Vento (<i>Wind Speed</i>)	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano (dados obtidos através dos sensores SSM/I e TMI);	Latitude, longitude, média, desvio-padrão, valores máximos, nº de observações	–	1987- 2008	WGS84	

Tabela 13 – Dados de meteorologia marinha

5. Dados de Oceanografia

Dados	Formato	Fontes	Atributos	Escala	Período	Projeção Original	Exemplo ilustrativo
Dados de hidrologia (Temperatura (T), Salinidade (S) e Velocidade de Propagação do som na água (V))	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano (dados obtidos através do <i>World Ocean Atlas</i> 2005)	Dados de T, S e V ao longo de 33 níveis da coluna de água (que correspondem a profundidades de 0,10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 e 5500 metros)	–	1772-2004	WGS84	

Continua na página seguinte

Continuação da página anterior

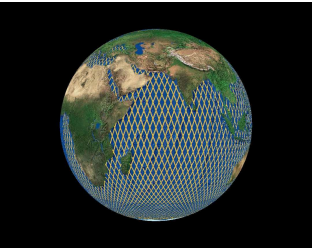
Agitação Marítima	Vectorial (Pontos)	Instituto Oceanográfico Australiano (dados de DR obtidos através dos satélites: GFO, Envisat, Topex/Poseidon, Jason-1, ERS-2) ⁴⁰	Ano, mês, dia, hora, latitude, longitude, altura da ondulação (em metros)	–	1992 - 2008	WGS84	
--------------------------	-----------------------	--	--	---	----------------	-------	---

Tabela 14 – Dados de oceanografia

⁴⁰ Dados de agitação marítima, obtidos do Instituto Oceanográfico Australiano, foram originalmente adquiridos no website <http://www.aviso.oceanobs.com/en/data/products/wind-waves-products/swh-and-sigma0-in-corssh/index.html>

4.4 Pesquisa externa e interna

Os sucessos e fracassos de outras organizações, bem como os contactos com fornecedores de dados, de potencial hardware e software, são fontes de conhecimento indispensáveis (Julião, 2009). A sua boa conjugação pode possibilitar o encurtar do tempo dedicado ao desenvolvimento do projecto, bem como ajudar a evitar a repetição de erros.

Considerando tais factores, foi realizada uma pesquisa externa que se encontra patente no capítulo designado por Estudos de Caso. Nesta pesquisa foram estudados alguns projectos de SIG de Oceanografia e Meteorologia e WEBSIG que englobam informação de METOC.

Relativamente aos WEBSIG estudados – SICMO (do IH), MIDA (do *Coastal & Marine Resources Center* da Universidade de Cork) e NOAA nowCOAST – estes apresentam diferenças significativas com o presente projecto, principalmente ao nível dos dados e das áreas geográficas que englobam.

Para além disso, foram efectuados diversos contactos com o Instituto Oceanográfico Australiano, organização que disponibilizou o acesso a dados estatísticos de meteorologia (terrestre e marítima), agitação marítima e de hidrologia, para além de uma alargada série de recomendações metodológicas. Note-se que estes dados estatísticos resultaram da aplicação de uma metodologia intensiva (em termos de trabalho de equipa, dimensão temporal, capacidades tecnológicas e de armazenamento e processamento) e que apesar de ser considerada recomendável a realização de tal metodologia no IH, os prazos do actual projecto não possibilitaram o seu desenvolvimento.

Relativamente à pesquisa interna, foram realizados os seguintes procedimentos:

4.4.1 Análise das Necessidades dos Utilizadores

No que diz respeito às necessidades dos potenciais utilizadores do SIGMETOC, e apesar de não terem sido realizados questionários, estas foram aferidas mediante os pedidos enviados ao IH. Neste sentido, ficou determinado que o sistema deveria englobar os seguintes requisitos de funcionalidade:

- Disponibilização do sistema em língua inglesa de modo a não restringir a sua utilização ao âmbito nacional, permitindo o seu uso em operações de cooperação internacional;
- Apresentação da escala de visualização;
- Ampliação, redução e movimentação panorâmica do espaço geográfico de interesse;
- Activação e desactivação da camada temática a analisar;
- Estabelecimento de hiperligações às tabelas de dados e gráficos dos perfis verticais de Temperatura, Velocidade de Propagação do Som na Água e Salinidade;
- Inquirição e análise das várias camadas temáticas;
- Impressão de mapas.

Para além disso, ficou igualmente decidido que seria útil facilitar a consulta dos metadados, decisão que possibilita o acesso a detalhes potencialmente relevantes numa qualquer análise, como o são: data,

escala, fonte de aquisição, tipo de processamento, entre outros. Decidiu-se, igualmente, que o sistema de informação a produzir deveria ser publicado online (WEBSIG), permitindo o acesso, gratuito e eficiente, a funcionários e clientes.

4.4.2 Análise de Risco

A aferição do risco associado a este tipo de projectos é uma etapa importante no assegurar do sucesso da sua implementação. No que diz respeito à sua identificação, Tomlinson (2003) destaca os seguintes factores:

- Tecnologia;
- Mudanças organizacionais;
- Nº de participantes;
- Complexidade do projecto;
- Planeamento, calendarização, recursos humanos e gestão do projecto.

Para o projecto apresentado foram considerados:

- Nível de conhecimentos registados nos técnicos envolvidos: visto estes possuírem um bom nível de conhecimentos em tecnologia SIG, este factor não acarreta um elevado risco para o projecto;
- Mudanças organizacionais: estas podem adicionar complexidade (e risco) ao projecto, tal como a ocorrida no início do presente ano com a saída do responsável pelo Centro de Dados;
- Complexidade técnica: a ausência, à escala nacional, de experiências anteriores e a complexidade que envolve este projecto pode provocar atrasos na sua conclusão;
- O planeamento, gestão, calendarização do projecto e a selecção de recursos humanos foram correctamente realizados. No entanto, estes factores poderão acarretar riscos para o projecto.

4.4.3 Análise Custo-Benefício

Obermeyer (1999) assinala que a análise custo-benefício de um SIG é a primeira barreira de defesa no sentido de garantir à direcção de uma organização, a necessária garantia e justificação de que o investimento por si efectuado é correcto. No entanto, esta não se apresenta como uma tarefa fácil pois exige-se uma avaliação das desvantagens (custos) e das vantagens (benefícios) que um projecto deste tipo encerra, não só na sua fase de arranque como, igualmente, ao longo do seu desenvolvimento.

Quanto aos custos, Tomlinson (2003) destaca que estes se apresentam associados, principalmente, às seguintes categorias:

- Hardware e software

Esta categoria envolve os custos relacionados com a aquisição e manutenção do hardware e software, não sendo por isso desprezável.

- Dados

Relativamente aos dados, esta é uma categoria que integra custos associados à aquisição, processamento, disponibilização, manutenção e criação dos metadados. Para além destes, deve ser retido o elevado custo relacionado com a sua extensão temporal de execução, ou seja, morosidade.

- Programação de aplicações

O custo de desenvolvimento dos perfis verticais não pode ser negligenciado. Todavia, não foi necessário contratar um programador para os realizar, o que veio diminuir o seu impacto financeiro no projecto.

- Elementos envolvidos

O reduzido número de elementos envolvidos e a não contratação de técnicos diminuiu, igualmente, o impacto financeiro do projecto em desenvolvimento. No entanto, este factor contribuiu para o aumento do tempo de desenvolvimento.

Quanto a benefícios, estes relacionam-se, essencialmente, com o incremento da eficiência de operacionalidade no âmbito de operações militares e com a redução de tempo empregue em tarefas de pesquisa e de aquisição de informação de METOC pelos técnicos do IH.

4.5 Implementação do SIG

4.5.1 Criação das Bases de Dados

Após a sua aquisição, os dados foram armazenados numa BD. Para este caso, e face à quantidade dos dados envolvidos, para o qual se exige uma significativa capacidade de armazenamento, foi seleccionada a estrutura *File Geodatabase* (gdb) da ESRI® (Figura 22). Esta estrutura, designada neste projecto por SIGMETOC, encontra-se dividida em cinco *Feature Datasets* (Hidrologia, Informação Ambiental, Informação de base Mundial, Meteorologia Marítima e Meteorologia Terrestre) e dois *Raster Datasets* denominados de Batimetria e *Earth*.



Figura 22 – File Geodatabase SIGMETOC

Relativamente aos dados que já se encontravam em formato *shapefile* e no sistema de referência WGS84, estes foram directamente importados para a BD, exigindo-se para os restantes um determinado processamento, tal como é de seguida descrito:

1. As coordenadas de latitude e longitude referentes aos vários mares mundiais foram obtidas no website da MarBEF⁴¹ e, posteriormente, inseridas numa tabela da aplicação Excel da suite Office da Microsoft®. Esta, por sua vez, foi importada para a aplicação ArcMap™ e exportada para o formato *shapefile*. De seguida, procedeu-se a um controlo de qualidade, através do qual foram eliminados todos os dados registados em duplicado. O ficheiro resultante desta operação foi armazenado na *Feature Dataset* Info_base_Mundial.
2. Quanto ao tema vegetação, este foi obtido através do *Vector Smart Map Level 0* (VMAPO). O VMAPO é um projecto da NATO, coordenado pela antiga *National Imagery Mapping Agency* (NIMA) do Departamento de Defesa norte-americano (actualmente *NGA: National Geospatial-intelligence gency*), instituição que concentra em si a responsabilidade de, mediante a participação de diversos países, criar uma base de dados geográfica global, em formato digital. Os dados foram, assim, descarregados do website <http://www.mapability.com/index1.html>, tendo sido utilizada a extensão *Military Analyst* (do fabricante ESRI®) para obter os dados pretendidos.
3. No que diz respeito ao tema batimetria, a informação apresentada foi obtida no website do *British Oceanographic Data Centre* (BODC)⁴² e em formato *network Common Data Form* (netCDF)⁴³. Dada a vasta dimensão do ficheiro adquirido foi necessário convertê-lo em quatro ficheiros ASCII, operação concretizada através do recurso ao software *Generic Mapping Tools*⁴⁴ (GMT). De seguida, os ficheiros obtidos foram convertidos para o formato raster através da aplicação *ArcToolbox*™, tendo lhes sido atribuído um sistema de projecção e constituído um *raster dataset* para onde foram importadas as quatro camadas matriciais.
4. O tema Áreas Protegidas (marinhas e terrestres) foi obtido do website *World Database on Protected Areas* em formato *shapefile* e no sistema de referência WGS84. Foi então necessário armazenar este tema na *Feature Dataset* Info_Ambiental.

De seguida, são referidos os diversos procedimentos que conduziram à obtenção das camadas matriciais de METOC – agitação marítima, meteorologia (marítima e terrestre) e hidrologia – bem como os relativos ao processamento dos dados de Temperatura, Salinidade e Velocidade de propagação do som na água, através dos quais foram concretizados os perfis verticais destes

⁴¹ <http://www.marbef.org/data/gazetteer.php?p=browser> (acesso em Abril de 2009).

⁴² http://www.bodc.ac.uk/data/online_delivery/gebco/ (acesso em Maio de 2009).

⁴³ Formato multi-dimensional para a partilha de dados científicos tais como *Sea Surface Temperature*, correntes, velocidade do vento, dados batimétricos.

⁴⁴ Descarregado do website <http://gmt.soest.hawaii.edu/> (acesso em Maio de 2009).

parâmetros oceanográficos. De modo a garantir uma eficiente organização das camadas matriciais obtidas foram geradas as seguintes *File Geodatabases* (Figura 23):

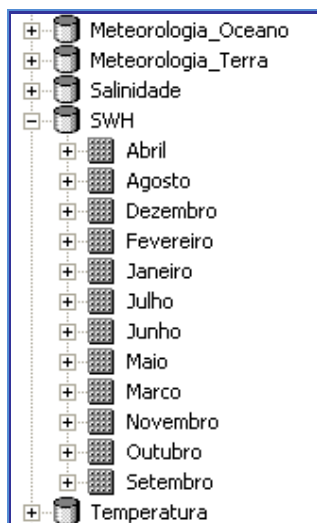


Figura 23 – Várias *File Geodatabases* geradas para o armazenamento das camadas matriciais de METOC

4.5.1.1 BD de Agitação Marítima

Como objectivo para esta fase do projecto, pretendeu-se obter um universo de doze camadas matriciais de agitação marítima, as quais corresponderiam a cada um dos meses do ano. Estas teriam como função fornecer informação sobre as condições médias de altura significativa da ondulação. Note-se que os dados originais foram obtidos em doze ficheiros de texto, onde cada um deles possuía uma dimensão aproximada de 2 GB. Deste modo, tornou-se necessário dividir cada um deles em vários de menor dimensão. Como resultado, obteve-se, por intermédio da utilização de rotinas escritas na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0⁴⁵, os seguintes ficheiros (Tabela 15):

Mês	Nº de ficheiros
Janeiro	18
Fevereiro	17
Março	18
Abril	18
Maio	18
Junho	16
Julho	16
Agosto	16
Setembro	15
Outubro	16
Novembro	16
Dezembro	17

⁴⁵ Exemplo de rotina disponível no ANEXO I.

Tabela 15 – Tabela que revela o número de ficheiros de dados de agitação marítima

Cada um destes, por sua vez, foi convertido para um ficheiro *shapefile*. O procedimento seguinte consistiu na utilização da ferramenta *merge* de modo a agregar numa única camada todos os ficheiros correspondentes ao mesmo mês. Nesse acto, realizado através da ferramenta ModelBuilder⁴⁶, as doze camadas foram importadas para uma *File Geodatabase* designada por SWH.

Visto o intervalo temporal dos dados ser igual a um minuto, procedeu-se à divisão por dia das doze camadas temáticas através da ferramenta *Select* (da aplicação ArcToolboxTM), do qual resultou que, por exemplo, o mês de Janeiro se apresente dividido em 31 ficheiros sob o formato *shapefile*.

De seguida, foram testados os métodos de interpolação espacial *Inverse Distance Weighted* (IDW), Spline e Kriging, disponibilizados na extensão Spatial Analyst, com o objectivo de se determinar qual o mais indicado para a obtenção de uma superfície contínua que estime os valores desconhecidos de agitação marítima a partir de um conjunto de pontos com valores conhecidos.

A Tabela 16 revela algumas características dos vários interpoladores:

Método interpolador	Características	Vantagens	Desvantagens
IDW	<p>Este método implementa a lei de Tobler ao estimar valores desconhecidos como médias ponderadas relativamente a valores conhecidos em pontos próximos, atribuindo o peso mais elevado aos pontos mais próximos (assume que quanto mais próximo estiver um ponto da célula a ser estimada, mais semelhante será o valor dessa célula a esse ponto).</p> 	Método popular devido à sua simplicidade e expedita execução.	Pode produzir resultados contra intuitivos nas áreas onde não existem pontos.

Continua na página seguinte

⁴⁶ O ModelBuilder (aplicação da ESRI) fornece um ambiente gráfico para a criação e edição de modelos ou fluxogramas de processamento complexo. Estes modelos são gerados e armazenados na aplicação ArcToolbox.

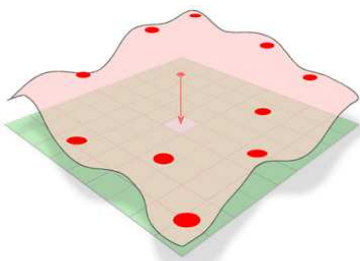
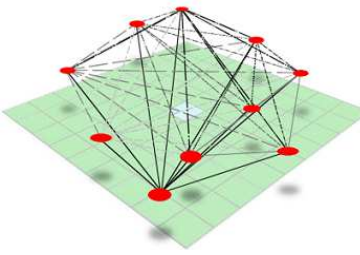
Spline	<p>Este interpolador, ao invés de utilizar a média dos valores, ajusta uma superfície sobre os pontos de valores conhecidos (Cabral, 2006).</p> 		Não respeita a máscara de análise.
Kriging	<p>Tal como o IDW, este método utiliza uma média ponderada. Todavia, a fórmula por si utilizada na ponderação é mais sofisticada e com base em alguns parâmetros estatísticos. Este interpolador mede as distâncias entre todos os pares possíveis de pontos da amostra e utiliza a informação resultante para modelar a auto-correlação espacial para a superfície a interpolar. Trata-se de um método iterativo (Cabral, 2006).</p> 	Interpolador complexo e sustentado em princípios teóricos de geo-estatística.	Processo intensivo em termos de computação e velocidade de execução (este último factor depende do nº de pontos).

Tabela 16 – Características dos métodos de interpolação IDW, Spline e Kriging (Fontes: Cabral (2006), ESRI® (2009b), ESRI® (2009c), ESRI® (2009d))

Considerando o descrito na Tabela 16, foi seleccionado o método de interpolação IDW em detrimento dos outros. Tal decisão sustenta-se pela sua adequabilidade para com o parâmetro em estudo.

De seguida, e de forma a analisar os dados diários de agitação marítima dos diversos meses envolvidos, foi utilizada a função *Cell Statistics* da extensão *Spatial Analyst*, a qual calculou, a partir dos vários raster de input, a média para cada célula. Finalmente, as doze camadas matriciais obtidas (Figura 24) foram armazenadas sob o formato *Raster Dataset* na *File Geodatabase* designada por SWH.

Nota: Os procedimentos descritos foram pré-programados e realizados através da ferramenta ModelBuilder (ANEXO II – Figura 1 e Figura 2).

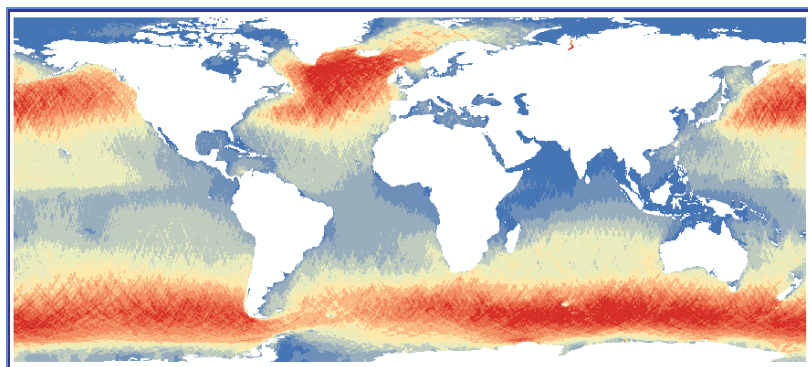


Figura 24 – Camada matricial de agitação marítima correspondente ao mês de Março

4.5.1.2 BD de Meteorologia (marítima e terrestre)

Os dados de meteorologia terrestre (amplitudes térmicas diárias, frequência de dias com geada, temperatura média, precipitação, frequência de precipitação, humidade relativa, insolação, velocidade do vento) e marítima (velocidade do vento, água líquida contida nas nuvens, taxa de precipitação e vapor de água), apresentavam-se armazenados em formato vectorial (pontos) na *File Geodatabase* SIGMETOC. Deste modo, tornou-se necessário converter estes dados para o formato raster através da ferramenta *Feature to Raster* da extensão Spatial Analyst. Dada a cobertura mensal de cada parâmetro, o processamento foi realizado através da ferramenta ModelBuilder, na qual foi gerado um total de doze modelos (um para cada tema; ANEXO II – Figura 3). Note-se que, para cada parâmetro meteorológico, foi testada a dimensão das células dos temas de *output*. A Tabela 17 revela os *output cell size* seleccionados.

Dados	Atributo	Output Cell Size
Meteorologia Terrestre		
Amplitudes térmicas diárias	Valores de temperatura (°C)	0.166667
Frequência de dias com geada	Valores percentuais	0.166667
Temperatura média	Valores de temperatura (°C)	0.166667
Precipitação	Valores de precipitação (mm)	0.166667
Frequência de precipitação	Valores percentuais	0.166667
Humidade relativa	Valores percentuais	0.166667
Insolação	Valores percentuais	0.166667
Velocidade do vento	Valores em nós	0.166667
Meteorologia Marítima		
Velocidade do vento	Média	0.25
Água líquida contida nas nuvens	Média	0.25
Taxa de precipitação	Média	0.25
Vapor de água	Média	0.25

Tabela 17 – Tamanho da célula aplicado a cada tema para obtenção das camadas matriciais

Finalmente, as 144 camadas matriciais (Figura 25) correspondentes aos vários parâmetros meteorológicos foram armazenadas individualmente em *Raster Datasets* em duas distintas *File Geodatabases* designadas por Meteorologia_Terra e Meteorologia_Oceano.

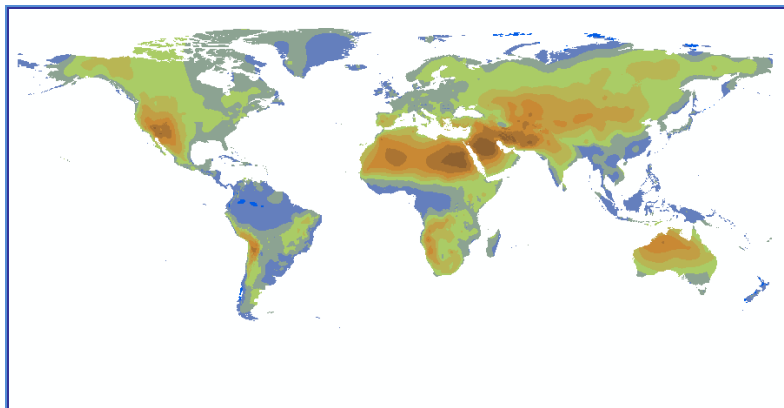


Figura 25 – Camada matricial correspondente ao tema Humidade relativa (mês de Junho)

4.5.1.3 BD de Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água

Os dados estatísticos, mundiais e mensais, referentes aos parâmetros Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água, encontravam-se armazenados na *Feature Dataset* Hidrologia em trinta e seis *feature classes* (camadas de dados) de pontos (Figura 26). Cada uma dessas camadas continha, apenas, os dados de um único parâmetro de um único mês (e.g., a *feature class* WOA05_S_Apr continha os dados de salinidade referentes ao mês de Abril).

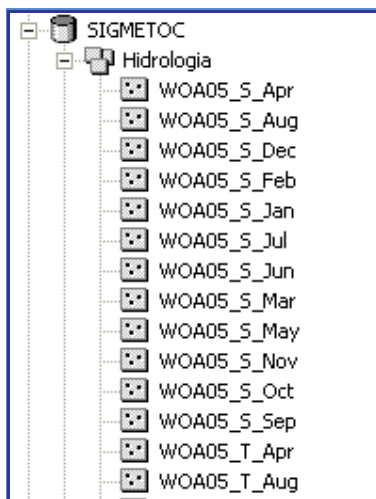


Figura 26 – Parte dos dados de T, V e S contidos na File Geodatabase SIGMETOC

Face aos objectivos propostos, estes tiveram de sofrer dois tipos de processamentos distintos entre si:

Processamento “horizontal”

Inicialmente, os dados relativos à hidrologia de Temperatura e Salinidade (referentes aos doze meses do ano) foram processados com a aplicação ModelBuilder (ANEXO II - Figura 4). Este procedimento teve como objectivo, obter um conjunto de distribuições horizontais contínuas ao longo dos 33 níveis da coluna de água. Dado o extenso número de níveis registado, foram criados doze modelos para cada parâmetro (um para cada mês do ano), mediante os quais se executaram os seguintes passos:

1. Os valores iguais a -99.9999, os quais correspondem a valores em terra, foram eliminados através da ferramenta de análise *Table Select* da aplicação ArcToolbox™. Este processo de supressão teve início com a concretização de uma consulta (*query*) realizada através da linguagem SQL – DML (*Data Manipulation Language*) (Figura 27);

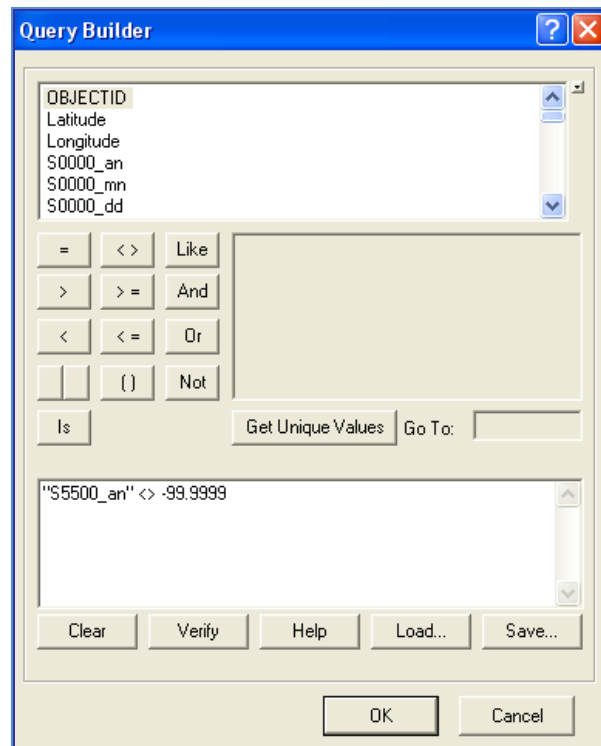


Figura 27 – Query Builder onde foi realizada a eliminação dos valores iguais a -99.9999 (neste caso, o exemplo mostra a eliminação dos valores da coluna S5500)

2. As tabelas obtidas no passo anterior foram, então, convertidas em ficheiros *shapefile* através da ferramenta *Table to Point* da extensão Military Analyst;
3. Os ficheiros *shapefile* de pontos foram, por sua vez, transformados em camadas matriciais através da ferramenta *Feature to Raster* (da extensão Spatial Analyst). O *Output Cell Size* foi definido como 1. Note-se que as 792 camadas matriciais (Figura 28) correspondentes aos parâmetros de salinidade e temperatura, sob o formato ESRI GRID, foram devidamente organizadas em *Raster Datasets* em duas distintas *File Geodatabases* designadas por Salinidade e Temperatura.

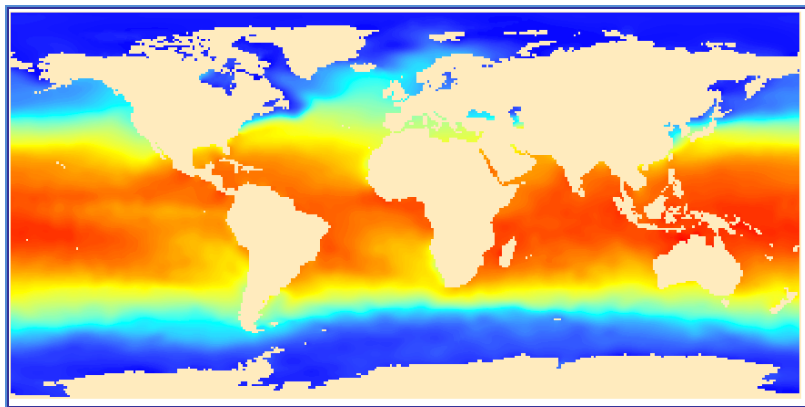


Figura 28 – Exemplo de camada matricial de temperatura superficial referente ao mês de Janeiro

Perfis Verticais

O processamento dos perfis verticais desenrolou-se em dois momentos, tidos como essenciais. Inicialmente, e de modo a armazenar os dados referentes aos parâmetros Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água foi necessário implementar uma BD através do SGBDR MySQL. De seguida, procedeu-se à realização das rotinas, em linguagem de programação PHP, que possibilitam a graficação dos dados ao longo da coluna de água.

Perante tal, efectuou-se o download (no website <http://www.apachefriends.org/en/xampp-windows.html>) do pacote XAMPP 1.7.2, para o Sistema Operativo Windows (SOW) da Microsoft®, que contém o PHP 5.3.0, o MySQL 5.1.37, o servidor Apache 2.2.12 e a ferramenta phpMyAdmin 3.2.0.1⁴⁷.

De seguida, foi descarregado o software NetBeans IDE (*Integrated Development Environment*) 6.7.1 do website <http://www.netbeans.org/>, compatível com a linguagem PHP e ambiente SOW, o qual permite a escrita e interpretação das rotinas realizadas.

Verificou-se, inicialmente, que face ao objectivo de se obter os perfis verticais para os parâmetros Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água, os dados apresentavam duas limitações. A primeira limitação detectada foi a existência de três camadas temáticas para o mesmo mês, uma para cada parâmetro oceanográfico. Assim, e de modo a unir os dados das tabelas de Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água correspondentes a cada mês (e.g., WOA05_S_Apr, WOA05_T_Apr e WOA05_V_Apr), as *features* foram importadas para o software Microsoft® Office Access 2003, através do qual foram executadas uma série de consultas (*queries*) de agregação para a totalidade dos meses do ano (ANEXO III).

De seguida, registou-se que as tabelas de dados não disponibilizavam uma coluna de profundidades (variável yy), pelo que foi realizada uma rotina na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0 (ANEXO IV). Esta possibilitou o acesso à SGBD e a leitura dos dados contidos nas diversas

⁴⁷ O phpMyAdmin é uma interface gráfica desenvolvida na linguagem de programação PHP que possibilita a administração do MySQL na internet, ou seja, facilita a geração e eliminação das BD e tabelas, execução dos códigos SQL, geração e alteração de campos, entre outros.

tabelas, permitindo a consequente escrita dos dados para doze ficheiros de texto de acordo com a estrutura presente na Figura 29.

ID	Lat	Lon	N_Bloco	Prof	S_an	S_mn	S_dd	S_sd	T_an	T_mn	T_dd	T_sd	V_an	V_mn	V_dd	V_sd
1	-84.5	-161.5	1	0	34.056	-100	0	-99.9999	-0.8582	-99.9999	0	-100	1443.89	-9999.99	0	-99.99
2	-84.5	-161.5	1	10	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
3	-84.5	-161.5	1	20	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
4	-84.5	-161.5	1	30	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
5	-84.5	-161.5	1	50	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
6	-84.5	-161.5	1	75	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
7	-84.5	-161.5	1	100	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
8	-84.5	-161.5	1	125	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
9	-84.5	-161.5	1	150	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
10	-84.5	-161.5	1	200	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
11	-84.5	-161.5	1	250	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
12	-84.5	-161.5	1	300	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
13	-84.5	-161.5	1	400	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
14	-84.5	-161.5	1	500	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
15	-84.5	-161.5	1	600	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
16	-84.5	-161.5	1	700	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
17	-84.5	-161.5	1	800	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
18	-84.5	-161.5	1	900	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
19	-84.5	-161.5	1	1000	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
20	-84.5	-161.5	1	1100	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
21	-84.5	-161.5	1	1200	-100	-100	-100	-99.9999	-99.9999	-99.9999	-100	-100	-9999.99	-9999.99	-99	-99.99
22	-84.5	-161.5	1	1300	34.721	-100	0	-99.9999	0.8633	-99.9999	0	-100	1474.38	-9999.99	0	-99.99
23	-84.5	-161.5	1	1400	34.721	-100	0	-99.9999	0.7634	-99.9999	0	-100	1475.63	-9999.99	0	-99.99
24	-84.5	-161.5	1	1500	34.721	-100	0	-99.9999	0.7686	-99.9999	0	-100	1477.35	-9999.99	0	-99.99
25	-84.5	-161.5	1	1750	34.712	-100	0	-99.9999	0.6863	-99.9999	0	-100	1481.23	-9999.99	0	-99.99
26	-84.5	-161.5	1	2000	34.693	-100	0	-99.9999	0.5259	-99.9999	0	-100	1484.77	-9999.99	0	-99.99

Figura 29 – Tabela de dados correspondente ao mês de Agosto

Após esta etapa de trabalho, e de modo a implementar a BD no SGBDR MySQL, foram efectuados os seguintes passos:

- A BD levitus foi gerada no SGBDR MySQL através da ferramenta phpMyAdmin;
- As doze tabelas de dados (designadas por Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro) foram definidas através da geração de um script desenvolvido na linguagem SQL – *Data Definition Language* (DDL; ANEXO V);
- Ao verificar-se a ocorrência de uma duplicação de dados de latitude e longitude nas doze tabelas produzidas, foi necessário criar uma tabela adicional designada por Coordenadas, a qual inclui os atributos repetidos. Esta contém, para além das colunas de latitude e longitude, uma chave primária⁴⁸ designada por N_Bloco;
- Ao inserir-se uma chave estrangeira⁴⁹, designada por N_Bloco, foram eliminados os atributos de latitude e longitude às tabelas correspondentes aos doze meses do ano. Deste modo, estas tabelas são constituídas pelos seguintes atributos (Tabela 18):















































































⁴⁸ As chaves primárias foram identificadas recorrendo à noção de que as mesmas têm de ser “curtas, numéricas, sem significado e não sujeitas a alterações” (Marques, 2003).

⁴⁹ Chave estrangeira é um conjunto constituído por um ou mais atributos que é chave primária numa outra relação.

Atributos	Descrição	Restrições
ID	Nº de identificador	Chave primária
N_Bloco	Número de Bloco (em que a profundidade varia mas a localização geográfica é a mesma)	Chave estrangeira
Prof	Valores de profundidade (em metros)	
S_an	Dados climatológicos de salinidade ⁵⁰	
S_mn	Média das observações	
S_dd	Nº de observações	
S_sd	Desvio padrão das observações	
T_an	Dados climatológicos de temperatura (em °C)	
T_mn	Média das observações	
T_dd	Nº de observações	
T_sd	Desvio padrão das observações	
V_an	Dados climatológicos de velocidade de propagação do som (em m/s)	
V_mn	Média das observações	
V_dd	Nº de observações	
V_sd	Desvio padrão das observações	

Tabela 18 – Tabela que revela os atributos das tabelas Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro

- Os dados contidos nas treze tabelas (que se encontravam no formato *Comma Separated Values* (CSV)) foram importados para a BD levitus (Figura 30) através de uma rotina escrita na linguagem PHP (ANEXO VI);

	Tabela	Acções	Registos ¹	Tipo	Collation	Tamanho	Suspensão
<input type="checkbox"/>	abril	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	agosto	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	coordenadas	     	36,368	MyISAM	latin1_swedish_ci	827.7 KB	-
<input type="checkbox"/>	dezembro	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	fevereiro	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	janeiro	     	1,032,888	MyISAM	latin1_swedish_ci	71.2 MB	-
<input type="checkbox"/>	julho	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	junho	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	maio	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	março	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	novembro	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	outubro	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
<input type="checkbox"/>	setembro	     	1,063,401	MyISAM	latin1_swedish_ci	73.3 MB	-
	13 tabela(s)	Soma	12,766,667	MyISAM	latin1_swedish_ci	878.2 MB	0 Bytes

⁵⁰ Actualmente a salinidade não possui unidades.

Figura 30 – BD levitus construída e visualizada a partir da ferramenta phpMyAdmin

- Os valores iguais a -99.9999 foram eliminados da coluna S_an (para todos os meses) através da seguinte instrução em SQL (exemplo para o mês de Janeiro):

```
DELETE *
FROM Janeiro
WHERE S_an=-99.9999;
```

Com o recurso à linguagem PHP, foi programada uma rotina que permite efectuar a ligação à BD levitus, a leitura das treze tabelas e a consequente realização de uma interface que possibilita a visualização, da superfície até à profundidade máxima de 5500 metros, dos dados de Temperatura, Salinidade e Velocidade de Propagação do Som na Água (Figura 31). Para além disso, e através da programação de uma página HTML (*HyperText Markup Language*), foi constituída uma interface entre o utilizador e os gráficos dos parâmetros oceanográficos, a qual permite a selecção do mês a visualizar e a consequente análise da tabela com os dados que dão origem aos perfis publicados⁵¹.

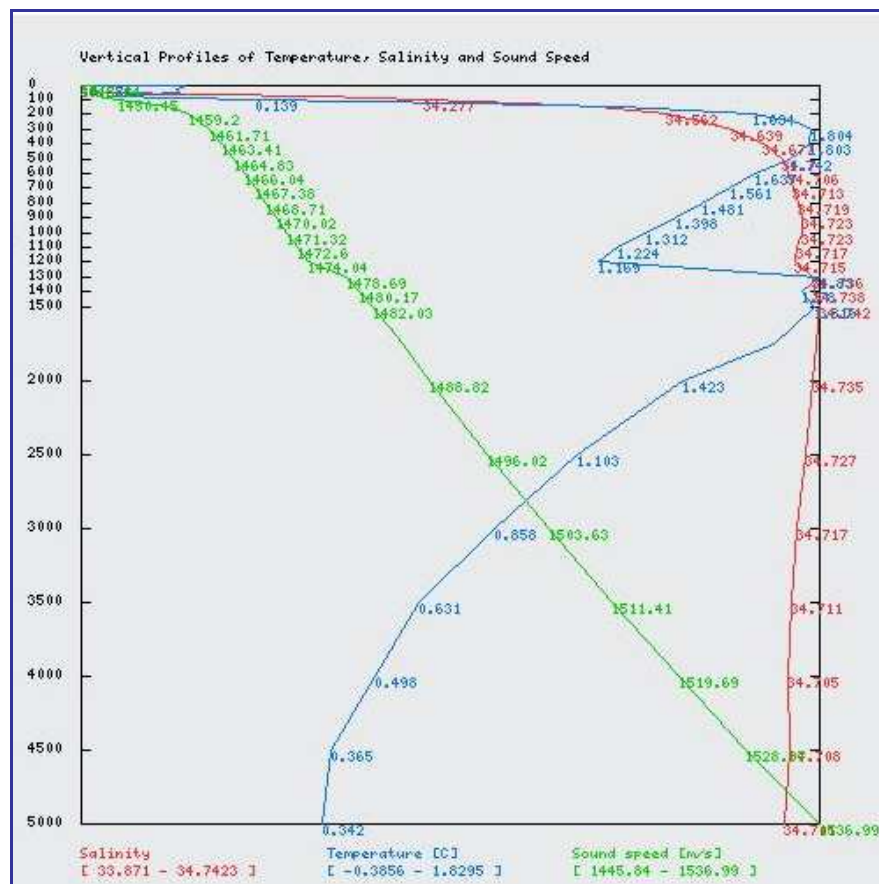


Figura 31 – Interface que permite a visualização dos perfis verticais de Temperatura (azul), Velocidade de propagação do som na água (verde) e Salinidade (vermelho)

⁵¹ Códigos das rotinas descritas disponíveis no ANEXO VI.

Após as diferentes fases de aquisição e processamento dos dados, procedeu-se à integração da informação na aplicação ArcMapTM. Para tal, foi gerado um documento mxd designado por SIGMETOC, no qual foram integrados os dados de base mundiais, os dados ambientais, as 144 camadas matriciais referentes a informação de meteorologia (terrestre e marítima), as doze camadas matriciais de agitação marítima e as 792 camadas matriciais que representam as variações da temperatura e salinidade ao longo dos 33 níveis da coluna de água (para todos os meses do ano) (Figura 32).

De seguida, a tabela Coordenadas foi importada para a aplicação ArcMapTM e exportada para o formato *shapefile*⁵². Esta tabela possibilita ao utilizador seleccionar uma determinada posição geográfica sobre a qual pretende visualizar os perfis verticais dos dados de Temperatura, Velocidade de Propagação do Som na Água e Salinidade.

Foi, ainda, atribuída uma simbologia às 966 camadas temáticas integrantes do projecto, a qual permitirá uma correcta interpretação e análise dos mapas publicados.

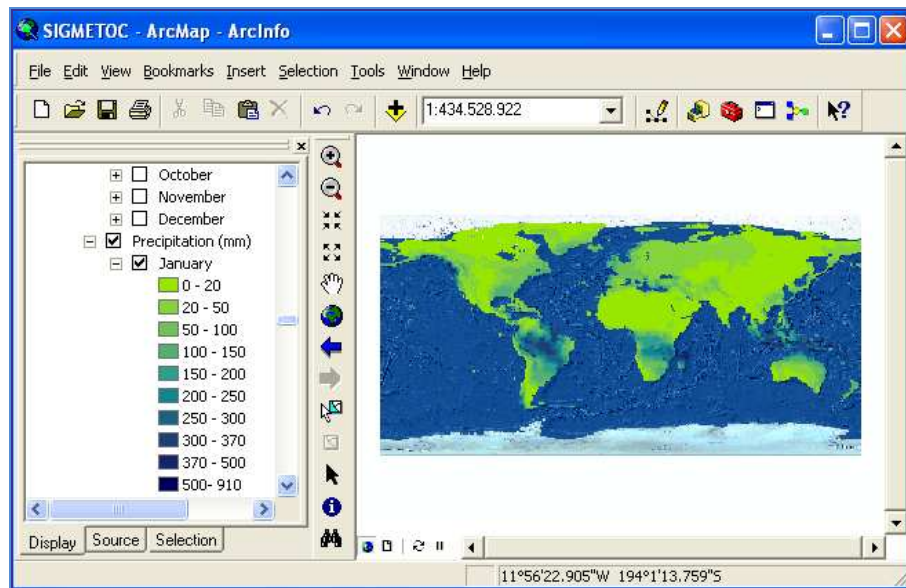


Figura 32 – Documento de mxd designado por SIGMETOC onde é possível visualizar a camada matricial de precipitação para o mês de Janeiro

Finalmente, foram gerados os metadados relativos às várias camadas temáticas que integram o projecto através de um *wizard* instalado na aplicação ArcCatalogTM, utilizando nesta geração a norma 19115:2003 da *International Organization for Standardization* (ISO). Note-se que estes metadados foram exportados para o formato *eXtensible Markup Language* XML (ANEXO VII) e disponibilizados no catálogo de metadados de informação geográfica do IH (<http://websig.hidrografico.pt/metadados/>).

4.5.2 Disponibilização na Internet

⁵² Este ficheiro foi armazenado na *Feature Dataset* Hidrologia (File Geodatabase SIGMETOC).

Nesta etapa, verificou-se uma relevante limitação no software ArcGIS® Server 9.3 o qual não conseguiu suportar um elevado volume de imagens raster. Este problema, no entanto, poderá ser resolvido através da aquisição da extensão ArcGIS® Image Server. Note-se que, presentemente, a instituição de acolhimento está a realizar esforços no sentido de se proceder à aquisição desta extensão. Perante tal, e de maneira a disponibilizar o sistema através da Internet, foi adoptada a solução de dividir a informação por vários WEBSIG. Assim, foi necessário realizar os seguintes passos:

- Subdividir todos os dados contidos no documento SIGMETOC (descrito anteriormente) em dez documentos mxd;
- Publicar os diversos documentos mxd como serviços⁵³ de mapas através do ArcGIS® Server Manager;
- Gerar dez aplicações WEB através de um wizard instalado no ArcGIS® Server Manager. Este wizard possibilitou a selecção das camadas temáticas a disponibilizar em cada aplicação, a configuração de tarefas (e.g., impressão de mapas) e a personalização da aparência dos diversos WEBSIG (ESRI®, 2009a).

Deste modo, o WEBSIG intitulado SIGMETOC – Meteorology (Land) disponibiliza os dados de meteorologia terrestre, ambientais e de base (Figura 33).

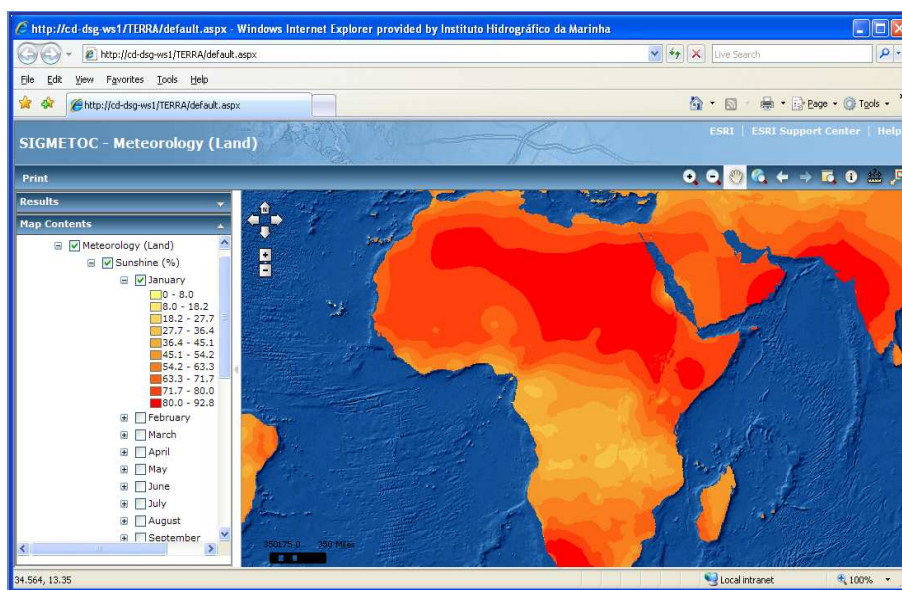


Figura 33 – WEBSIG de meteorologia (terrestre) onde é possível visualizar, por exemplo, a camada matricial de insolação para o mês de Janeiro

Por outro lado, os dados de altura significativa da agitação marítima, meteorologia marítima e as coordenadas geográficas com hiperligações para os perfis verticais dos parâmetros oceanográficos Temperatura, Velocidade de Propagação do Som na Água e Salinidade (conjuntamente com dados ambientais e de base) foram disponibilizados através de um outro WEBSIG (Figura 34).

⁵³ Um serviço é uma representação de um recurso SIG (mapa, por exemplo) que um servidor disponibiliza numa rede a outros computadores.

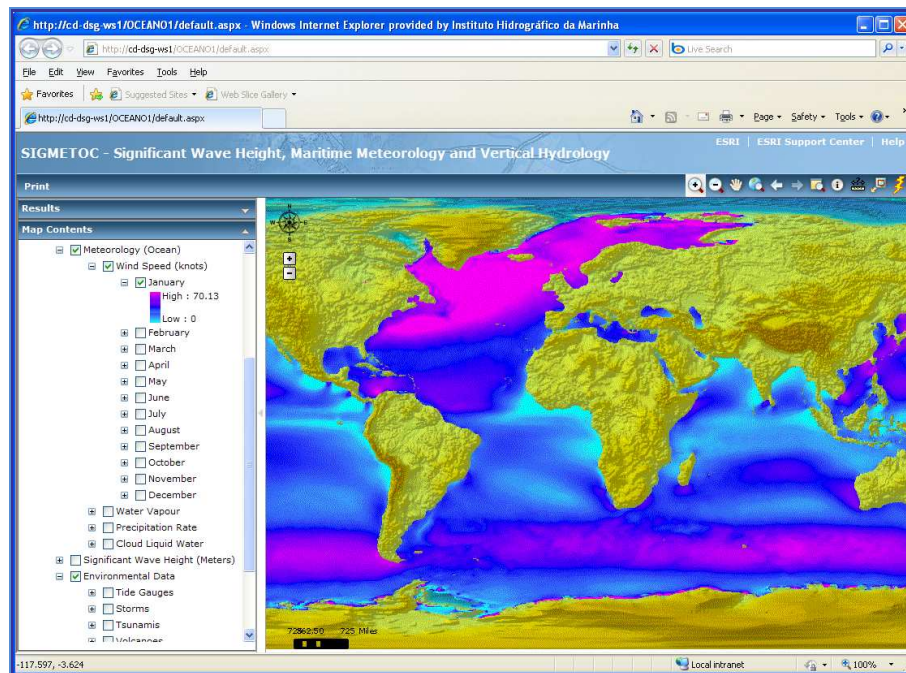


Figura 34 – WEBSIG que disponibiliza dados de meteorologia marítima, agitação marítima e hidrologia vertical e onde é possível visualizar a camada matricial de velocidade do vento correspondente ao mês de Janeiro

Finalmente, as várias camadas matriciais de temperatura e salinidade (dado o seu elevado número) foram divididas em períodos trimestrais. Para tal, foi necessário realizar um total de oito WEBSIG, os quais contêm os dados de temperatura e salinidade de Janeiro a Março, Abril a Junho, Julho a Setembro e de Outubro a Dezembro (Figura 35).

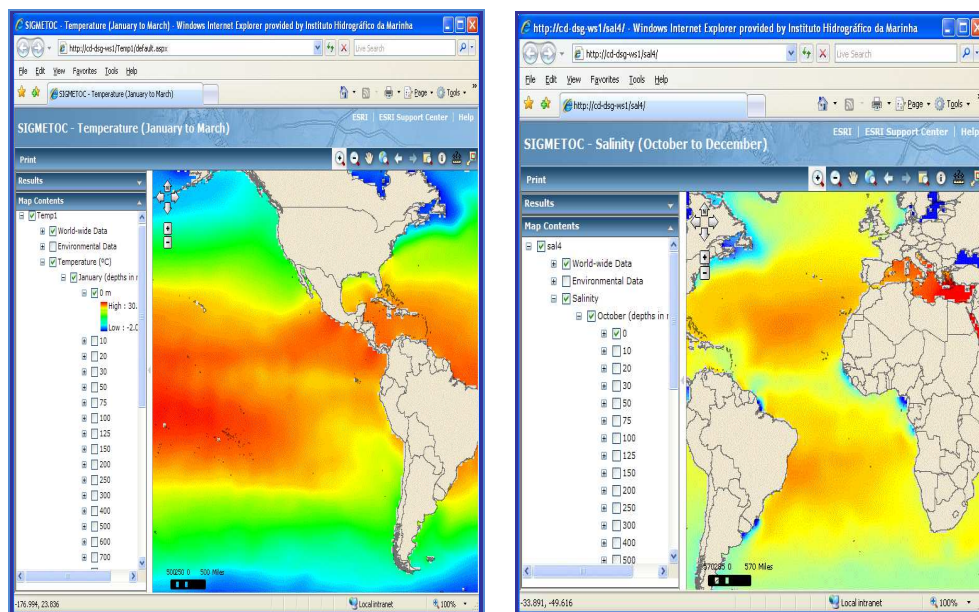


Figura 35 – WEBSIG de Temperatura (Janeiro a Março) e de Salinidade (Outubro a Dezembro)

Note-se, no entanto, e tal como salienta Silva (2008), que o tempo de resposta do servidor aos pedidos dos utilizadores constitui um dos maiores problemas associados ao WEBSIG. Quanto mais pesada e complexa for a informação, mais lenta será a resposta do servidor. A solução encontrada para este caso foi a de implementar caches, que permitem a obtenção de ganhos significativos de navegação dos vários WEBSIG. Estes apresentam uma estrutura elegante e de fácil leitura, sendo constituídos por três partes distintas (Figura 36):

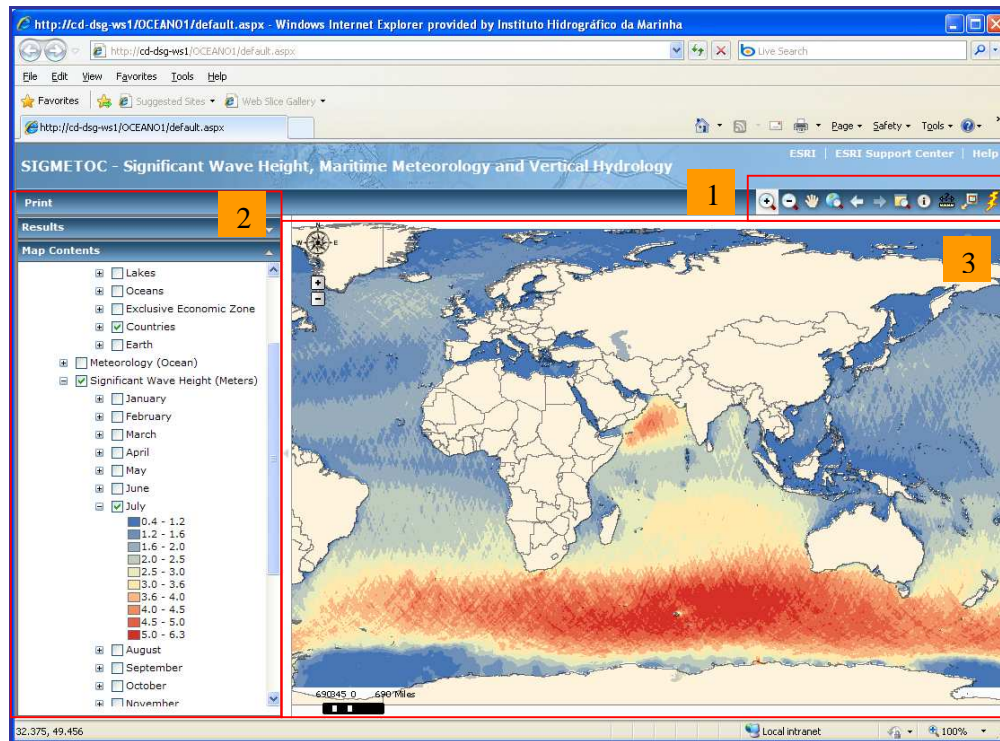











Figura 36 – Exemplo da estrutura de um dos WEBSIG criados

A primeira secção é constituída por uma barra de ferramentas de exploração dos dados constituída pelos seguintes botões:

- Zoom In () e Zoom out () que permitem ampliar e reduzir a visualização de uma área geográfica de interesse;
- Pan () que facilita a movimentação da área geográfica;
- Full Extent () que permite a visualização mundial das camadas temáticas activas;
- Magnifier () que fornece uma janela de ampliação, ou seja, à medida que o utilizador passa com a janela sobre os dados terá uma visualização ampliada da área geográfica;
- Map Identify () que permite a inquirição dos atributos das camadas matriciais e vectoriais;

- *Measure* () que permite medir distâncias;
- *Show OverviewMap* () que fornece uma janela de enquadramento com a total extensão dos dados;
- *Hyperlink* () que permite realizar a ligação com os perfis verticais (apenas disponível no website SIGMETOC – *Significant Wave Height, Maritime Meteorology and Vertical Hydrology*). Esta ferramenta foi descarregada a partir do website da ESRI® (2009e) e foi, posteriormente, adicionada ao referido WEBSIG através da linguagem de programação Microsoft® Visual Studio 2005.

A segunda secção, por outro lado, disponibiliza três janelas:

- *Print* – janela a partir da qual é possível imprimir os mapas (Figura 37).

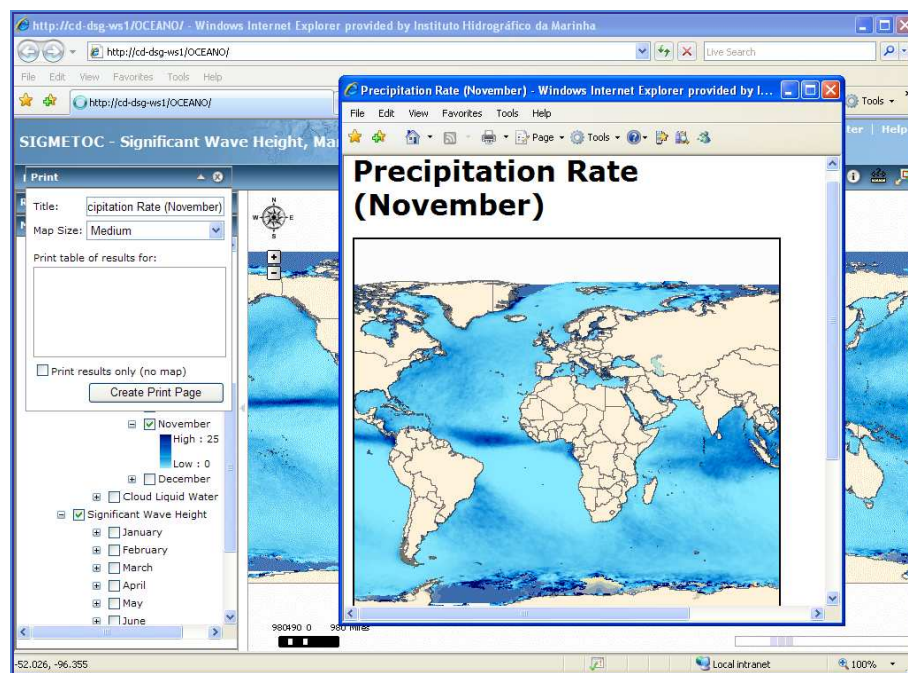


Figura 37 – Exemplo de impressão de um mapa. Neste caso, foi gerado um mapa para impressão com a camada matricial de taxa de precipitação (referente ao mês de Novembro)

- *Results*
- *Map Contents* – esta janela disponibiliza a tabela de conteúdos, ou seja, facilita ao utilizador a listagem de todas as camadas temáticas presentes no mapa (que podem ser activadas ou desactivadas) e a visualização da simbologia.

Finalmente, a terceira secção disponibiliza a área de visualização das camadas temáticas que foram activadas na tabela de conteúdos.

4.6 Manutenção e Revisão

O feedback da utilização por parte dos utilizadores apresenta-se, de uma forma geral, como fundamental para a gestão e adaptação de um qualquer serviço. Ao transpor-se esta metodologia de trabalho para um SIG, o seu autor está a promover a sua evolução e adaptação à realidade, testando a plataforma, diagnosticando problemáticas e apresentando soluções. Esta etapa não deve cingir-se, temporalmente, aos primeiros anos de implementação. Um produto SIG exige uma continuada manutenção, revisão e actualização a vários níveis, nomeadamente: software, hardware e dados geográficos.

4.7 Dificuldades

A informação geográfica proveniente da DR por satélite veio solucionar a carência de dados que constituía uma das principais problemáticas dos SIG de METOC. No entanto, trabalhar tais dados implica um verdadeiro desafio ao software SIG (Goodchild, 1999) uma vez que necessitam de uma considerável capacidade de armazenamento e processamento. Nestas condições, uma das principais dificuldades do presente projecto foi a metodologia aplicada ao tratamento dos dados de agitação marítima, a qual se revelou complexa e morosa em virtude de o software SIG utilizado apresentar limitações em processar extensos ficheiros de dados.

Outra dificuldade encontrada foi a aquisição de conhecimentos no âmbito da linguagem de programação PHP e a consequente graficação dos perfis verticais. Saliente-se, ainda, dada a sua cobertura temporal e geográfica, o processamento horizontal dos parâmetros de Temperatura e Salinidade desde a superfície até à profundidade de 5500 metros.

5 Exploração e Difusão do Sistema

Relativamente à difusão dos produtos gerados, os vários WEBSIG encontram-se disponíveis através do portal de internet do IH (<http://www.hidrografico.pt/sigmatoc.php>). De forma a alcançar este objectivo, e fazendo uso do software Joomla!™, foi construída uma página Web em HTML a qual disponibiliza um breve texto de apresentação do sistema. Para além disso, a referida página inclui diversas hiperligações que possibilitam o acesso aos WEBSIG (Figura 38).

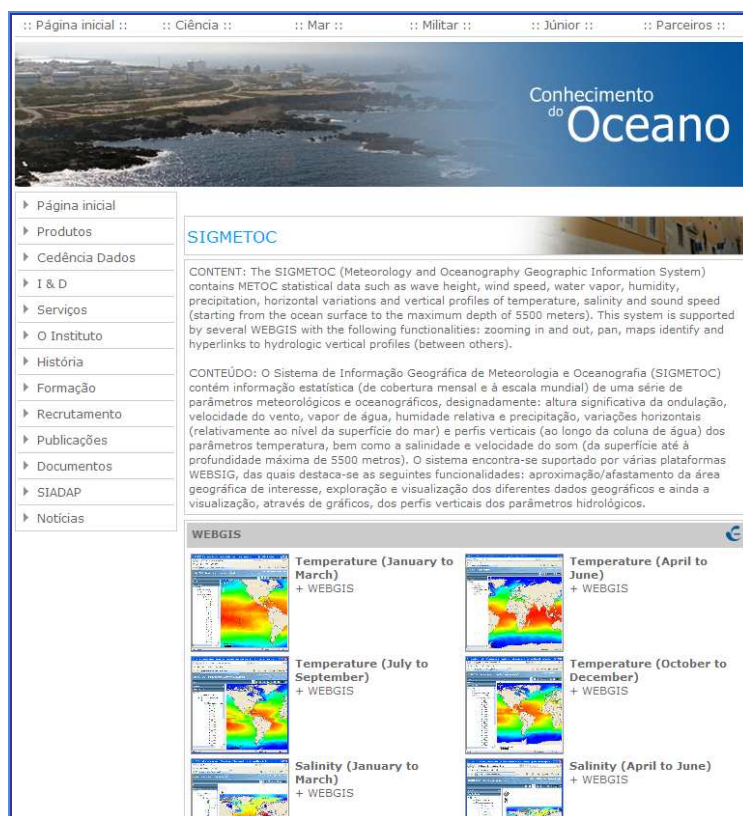


Figura 38 – WEBSIG disponíveis no portal de internet do IH

Relativamente à exploração de tais sistemas, o utilizador, inicialmente, terá de seleccionar o WEBSIG que pretende visualizar, o mês e a área geográfica de interesse. De seguida, terá que inquirir os dados de modo a obter a informação pretendida.

Assim, e caso um utilizador pretenda, durante o mês de Julho, desenvolver uma operação submarina ao largo da costa de Portugal Continental, poderá obter o conhecimento relativo aos dados de batimetria registados para a área geográfica pretendida, agitação marítima, variações horizontais de Salinidade e Temperatura e os perfis verticais de Temperatura, Velocidade de Propagação do Som na Água e Salinidade.

No que diz respeito aos perfis de Velocidade de Propagação do Som na Água, estes permitem obter o conhecimento das zonas de sombra acústica, ou seja, camadas onde os raios acústicos não penetram directamente e que estão associadas à existência de máximos valores de velocidade do som. Este facto

possibilita a um submarino tornar-se invisível aos sonares colocados nos navios de superfície. Idêntico panorama aplica-se às variações de Temperatura e Salinidade, as quais influenciam as propriedades acústicas da coluna de água e, consequentemente, condicionam a performance dos sensores acústicos. Deste modo, e através da análise e inquirição das camadas temáticas integradas no WEBSIG SIGMETOC – *Significant Wave Height, Maritime Meteorology and Vertical Hydrology*, o utilizador tem acesso a conhecimento científico sobre os valores estatísticos de agitação marítima (que na costa de Portugal Continental são inferiores a 2.5 metros), variações horizontais de Salinidade e Temperatura e os perfis verticais de Temperatura, Velocidade de Propagação do Som na Água e Salinidade.

Para visualizar os perfis pretendidos relativos às coordenadas geográficas de interesse, o utilizador apenas necessita de clicar com a ferramenta de hiperligação no ponto desejado. Esta acção irá abrir uma página HTML, na qual deverá ser seleccionado o mês a analisar. Deste modo, o utilizador tem a possibilidade de aceder aos perfis verticais, bastando para isso clicar no botão *Submit*. Note-se que os dados podem, igualmente, ser analisados através de uma tabela de dados, acessível através do botão *Select*, o qual disponibiliza os dados climatológicos que dão origem aos perfis (para além de informação estatística associada: média, desvio-padrão e número de observações) (Figura 39).

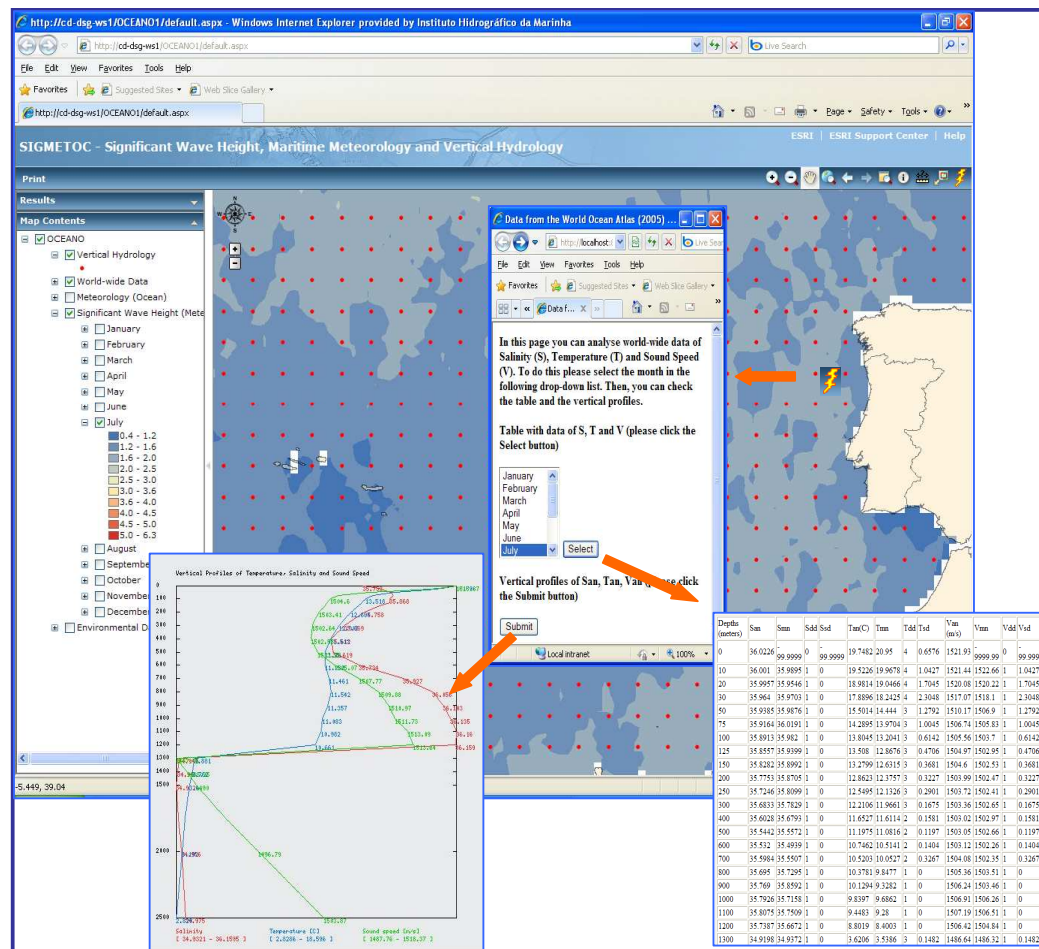


Figura 39 – Imagem onde é possível visualizar a camada matricial de altura significativa (referente ao mês de Julho) e a camada *Vertical Hydrology*. Ao carregar no botão hyperlink e, de seguida, no ponto pretendido, o sistema operativo vai abrir o gráfico de perfis verticais de temperatura, velocidade de propagação do som na água e salinidade

Realce-se, ainda, a importância da informação presente nos WEBSIG para inúmeras operações navais (e.g. as anfíbias), as quais exigem um conhecimento consistente das condições meteorológicas terrestres registadas. Deste modo, e caso o utilizador necessite de planear uma operação deste tipo, o SIGMETOC coloca à sua disposição, para além dos dados oceanográficos referidos, uma alargada panóplia de dados meteorológicos terrestres, entre os quais o da insolação, precipitação, frequência de dias com precipitação, humidade relativa, velocidade do vento, frequência de dias com geada, temperatura média do ar e escala de temperaturas diárias. Para além destes, poderá, ainda, analisar dados relativos à vegetação, batimetria e áreas protegidas (Figura 40).

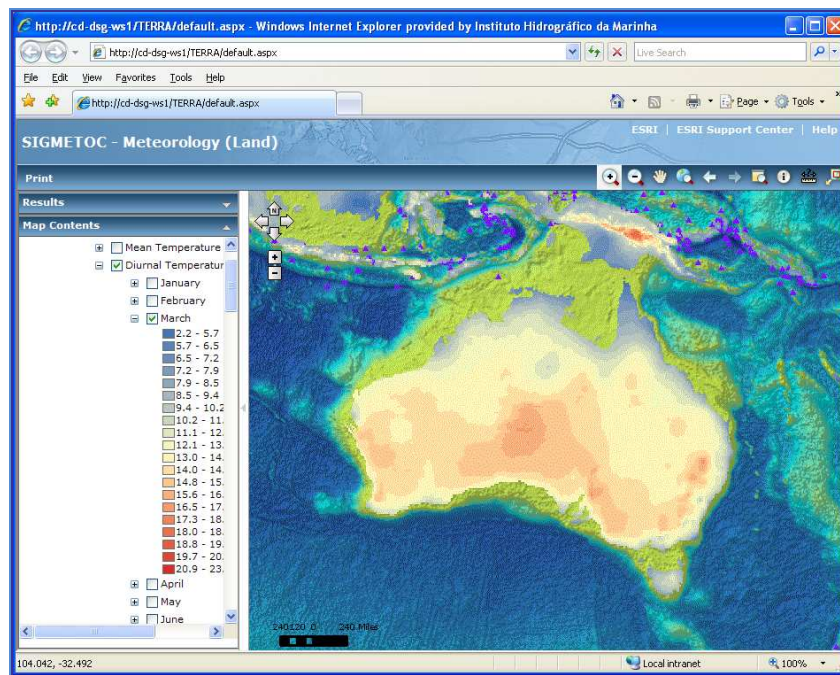


Figura 40 – WEBSIG de meteorologia terrestre que possibilita a análise da camada matricial escala de temperaturas diárias e ainda a camada batimetria

Desta forma se o utilizador, na primeira fase de actividades REA, conjugar toda a informação estatística disponibilizada no sistema terá maior probabilidade de planear e de executar uma operação militar com sucesso.

Para além da sua utilização em operações militares, e dada a informação disponibilizada pelo sistema, este poderá ser utilizado em operações de carácter civil, tais como o planeamento de cruzeiros científicos e o ensino de Ciências do Mar.

6 Conclusões

As condições meteorológicas e oceanográficas condicionam a realização de operações militares. Neste âmbito surgiu o conceito REA associado a operações militares que, numa primeira fase, fornece informação que permite ao decisor operacional avaliar, devidamente, um contexto e evitar situações de utilização ineficiente e/ou ineficaz de recursos operacionais. No entanto, o acesso e distribuição dos dados que propiciam tal conhecimento não se têm apresentado como tarefas simples. Deste modo, a utilização de SIG nesta área revela-se muito útil e eficiente, em virtude das suas capacidades em adquirir, organizar e disponibilizar informação GEOMETOC num cenário militar.

Para além disso, note-se que os SIG, a meteorologia e a oceanografia possuem uma relação que as beneficia reciprocamente. Por um lado, a disponibilização de uma ferramenta que possibilita a aquisição, processamento, armazenamento e análise integrada de dados geo-espaciais de grande volume beneficia o desenvolvimento e a divulgação destas duas disciplinas científicas. Por outro lado, a evolução dos SIG é promovida através dos confrontos com estes dois sistemas naturais, cuja complexidade acarreta um universo de problemáticas geográficas. Actualmente, são poucos os casos de SIG que integram, directamente, informação de METOC e que se encontram disponíveis para visualização na Internet. Assinale-se os casos do SICMO (do IH), do MIDA (do *Coastal & Marine Resources Center* da Universidade de Cork (Irlanda)) e do NOAA nowCOAST. Contudo, ressalve-se as diferenças registadas, ao nível dos dados e das áreas geográficas abrangidas, entre estes projectos e o presente trabalho.

Ao longo do presente relatório de projecto foram descritos os diversos processos e procedimentos relativos ao desenvolvimento e implementação de um sistema de informação geográfica, de âmbito global e com uma periodicidade mensal, de meteorologia e oceanografia para apoio à primeira fase de actividades REA.

O sistema apresenta-se, constituído por uma série de WEBSIG que facilitam o acesso, via portal de Internet do IH, a um total aproximado de mil camadas matriciais e vectoriais, armazenadas sob a estrutura *File Geodatabase*, referentes a informação de meteorologia (terrestre e marítima), oceanografia, ambiente e de enquadramento geográfico. O sistema disponibiliza, ainda, uma série de perfis verticais (ou seja, ao longo da coluna de água) dos parâmetros temperatura, salinidade e velocidade de propagação do som na água.

A aplicação que gera estes perfis foi desenvolvida mediante o recurso à linguagem de programação PHP e os dados que os originam foram armazenados numa BD no SGBDR MySQL.

Os objectivos propostos foram atingidos com a realização deste trabalho de projecto, disponibilizando-se, a todos os potenciais utilizadores, um sistema através do qual é possível obter informação e dados estatísticos relativos às áreas geográficas onde se podem realizar operações navais e terrestres de carácter variado.

Os principais resultados que o sistema desenvolvido e implementado disponibiliza são o de constituir uma ferramenta onde é possível a organização, visualização, análise e inquirição de uma panóplia alargada de camadas temáticas de meteorologia, oceanografia e ambiente, bem como a funcionalidade de consulta dos metadados.

Para além disso, o sistema desenvolvido apresenta as seguintes vantagens:

- A disponibilização do sistema de informação através de plataformas WEBSIG facilita o seu acesso por parte dos utilizadores que não necessitam de possuir licenças de software;
- Redução do tempo empregue em tarefas de pesquisa e de aquisição de informação METOC pelos técnicos o que vai permitir que as respostas aos pedidos de dados efectuados pelos utilizadores sejam mais rápidas e eficientes. Deste modo, a fase de planeamento de operações pode ser desenvolvida num curto espaço de tempo;
- O sistema possui um conjunto de funcionalidades que permitem ao utilizador, independentemente dos seus conhecimentos em SIG, manipular, inquirir e analisar a informação ambiental;
- Possibilidade de produzir e imprimir mapas com a informação pretendida.

Em termos de limitações, saliente-se as restrições de disponibilização de dados raster através do software ArcGIS® Server, facto que exigiu a produção de uma série de WEBSIG. Esta questão pode, contudo, ser ultrapassada mediante a utilização da extensão ArcGIS® Image Server ou através do WEBSIG *open source* Map Server.

Para além disso, a disponibilização do sistema, exclusivamente, através da internet e a impossibilidade de descarregar os dados contidos no sistema poderão constituir, igualmente, um problema para alguns utilizadores.

Em termos de trabalhos futuros, apresenta-se como potencialmente interessante ampliar o seu âmbito através da inserção de dados relativos ao sistema costeiro, bem como aumentar a variedade de dados oceanográficos (e.g., correntes) e meteorológicos (e.g., cobertura de nuvens).

Nestas circunstâncias, o desenvolvimento de uma metodologia para o processamento de dados de DR e posterior obtenção de dados estatísticos destaca-se como uma real necessidade.

Referências Bibliográficas

Abreu, M.P., Chumbinho, R. A. (1996). *O Sistema de Informação Geográfica sobre o Ambiente Marinho*. Anais do Clube Militar Naval, Vol. CXXVI, pp. 389-402.

Allison, M. (2009). (URL: math.yorku.ca, consulta em 1 de Fevereiro de 2009).

Ambar, I. (s.d.). Alguns aspectos da física do oceano. (URL: <http://zircon.dcsa.fct.unl.pt/dspace/bitstream/123456789/196/1/14-2.PDF>, consulta em 2 de Março de 2009).

Angelis, C. F., Morelli, F., Machado Toledo, L.A., De Freitas, C.P. (2007). SIGMA: A Web-based GIS for Environmental Applications. Spatial Interpolation for Climate Data. The Use of GIS in Climatology and Meteorology. Editado por Hartwig Dobesch, Pierre Dumolard e Izabela Dyas. (London: ISTE).

AVISO (2009). GFO. (URL: <http://www.aviso.oceanobs.com/en/missions/past-missions/gfo/index.html>, consulta em 16 de Setembro de 2009).

Bernhardsen, T. (1999). Choosing a GIS. In Geographical Information Systems: Management Issues and Applications. Vol. 2. Editado por Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. (London: John Wiley & Sons).

Cabral, P. (2001). Sistemas Espaciais de Apoio a Decisão: O sistema de apoio ao licenciamento da Direcção Regional do Ambiente do Alentejo. Tese de mestrado. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico.

Cabral, P. (2006). Álgebra de mapas. Interpolação de rasters. Funções de distância. Aplicações de SIG II. Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.

Caetano, M. (2008). Satélites e sensores de observação da Terra. Detecção Remota. Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.

Chang, Y.-S., Park, H.-D. (2006). XML Web Service-based development model for Internet GIS applications. *International Journal of Geographical Information Science*, 20:4, pp.371-399.

Chumbinho, R.A. (2001). Oceanografia Física (introdução). Oceanografia Descritiva. Licenciatura em Ciências do Mar. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Cracknell, A.P. (1999). Remote sensing techniques in estuaries and coastal zones – an update. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, Nº3, pp. 485-496.

Committee on Environmental Information for Naval Use, National Research Council (2003). Environmental Information for Naval Warfare. (URL: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10626, consulta em 20 de Março de 2009).

Dykes, J.D., Hancock, T.E. (2002). Brokering Meteorological and Oceanographic Information in Support of Military Operations Using GIS Technology. (URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1192122&isnumber=26719>, consulta em 23 de Março de 2009).

Dyras, I., Ustrnul, Z. (2007). The Spatial Analysis of the Selected Meteorological Fields in the Example of Poland. Spatial Interpolation for Climate Data. The Use of GIS in Climatology and Meteorology. Editado por Hartwig Dobesch, Pierre Dumolard e Izabela Dyras. (London: ISTE).

Dwyer, N., O'Dea, L., Cummins, V. (2003). The Marine Irish Digital Atlas: a Web Portal to Coastal and Marine Data in Ireland, CoastGIS 2003 Conference Proceedings, Genova. (URL: http://mida.ucc.ie/assets/documents/MIDA_CoastGIS2003.pdf, consulta em 2 de Abril de 2009).

Environmental Systems (2009). GOES. (URL: http://www.microcomdesign.com/env/GOES/DCS/GOES_DCS_clip_image001.gif, consulta em 2 de Abril de 2009).

ESA (2009a). ENVISAT. (URL: http://esamultimedia.esa.int/docs/Envisat_Brochure_Eng.pdf, consulta em 16 de Setembro de 2009).

ESA (2009b). ERS Overview. (URL: http://www.esa.int/esaEO/SEMGWH2VQUUD_index_0_m.html, consulta em 16 de Setembro de 2009).

ESRI (1998). The Role of Geographic Information Systems on the Electronic Battlefield. (Redlands, CA: ESRI).

ESRI (2004). Introdução ao ArcGIS 9 – Nível I. (Lisboa: ESRI Portugal).

ESRI (2009a). ArcGIS Server 9.3. Help (URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/dotNet/>; consulta em 1 de Outubro de 2009).

ESRI (2009b). IDW. (URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=IDW>, consulta em 2 de Outubro de 2009).

ESRI (2009c). Kriging. (URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Kriging>, consulta em 2 de Outubro de 2009).

ESRI (2009d). Spline. (URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Spline>, consulta em 2 de Outubro de 2009).

ESRI (2009e). ArcGIS Resource Centers. (URL: <http://resources.esri.com/arcgisserver/adf/dotnet/index.cfm?fa=codeGalleryDetails&scriptID=1578>, consulta em 5 de Outubro de 2009).

- Faculdade de Ciências (2009). Observações In Situ e Detecção Remota. (URL: <http://www.io.fc.ul.pt/fisica/equipamento.htm>, consulta em 1 de Fevereiro de 2009)
- Fleming, S., Jordan, T., Madden, M., Usery, E.L., Welch, R. (2009). GIS applications for military operations in coastal zones. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 64, pp. 213-222.
- Fonseca, A.D., Fernandes, J.C. (2004). Detecção Remota. (Lisboa: LIDEL).
- Foot, K.E., Kirvan, A.P. (1997). WebGIS. *NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science*. (URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u133/u133.html>, consulta em 17 de Abril de 2009).
- FValk (2009). METEOSAT. (URL: www.fvalk.com/.../METEOSAT-8-0000-WLD.jpg, consulta em 16 de Abril de 2009).
- Gaspar, J.A. (2004). Dicionário de Ciências Cartográficas. (Lisboa: LIDEL).
- Goodall, J., Maidment, D., Sorenson, J. (2004). Representation of Spatial and Temporal Data in ArcGIS. *AWRA GIS and Water Resources III Conference*, Nashville, TN.
- Goodchild, M.F. (1999). Foreword. *Marine and Coastal Geographical Information Systems*, pp. xiii-xv. (London: Taylor and Francis).
- Instituto Hidrográfico (2008). Plano Anual de Actividades 2008. Lisboa. (URL: <http://websig.hidrografico.pt/www/content/documentacao/planos/PA2008.pdf>, consulta em 11 de Fevereiro de 2009).
- Instituto Hidrográfico (2009a). CTD. (URL: <http://www.hidrografico.pt/ctd-conductivity-temperature-and-depth.php>, consulta em 1 em Fevereiro de 2009).
- Instituto Hidrográfico (2009b). Sistema de Informação de Climatologia Meteo-Oceanográfica. (URL: <http://websig.hidrografico.pt/website/sicmo/viewer.htm>, consulta em 31 de Março de 2009).
- Instituto de Meteorologia (2009). Cartas Meteorológicas. (URL: http://www.meteo.pt/pt/areaeducativa/interpretar_tempo/carta/index.html, consulta em 17 de Abril de 2009).
- Jensen, J. R. (2000). *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*. (New Jersey: Prentice-Hall).
- Julião, R.P. (2009). Metodologias de Desenvolvimento de SIG. SIG nas Organizações. Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.
- Lee, T. F., Turk, F.J., Hawkins, J., Richardson, K. (2002). Interpretation of TRMM TMI Images of Tropical Cyclones. *Earth Interactions*, Vol. 6.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D., Rhind, D.W. (2005). *Geographic Information Systems and Science* (2nd ed.). (Chichester: John Wiley & Sons).

- Lucas, A. (1999). *Representation of Variability in Marine Environmental Data*. In D. Wright and D. Bartlett, eds. *Marine and Coastal Geographical Information Systems*. (London: Taylor and Francis).
- Machado, J., Cabral, P., Painho, M. (2002). Aplicações de SIG na WEB. O atlas do ambiente dinâmico. ESIG 2002. VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica. Tagus Park, Oeiras.
- Manley, T.O., Tallet, J.A. (1990). Volumetric Visualization: An effective use of GIS technology in the field of oceanography. *Oceanography*, 3, pp. 23-29.
- Marques, F., Mendes, A., Henriques, M., Sena, R. (2001). *Programação de Bases de Dados com Visual Basic 6: Curso Completo*. (Lisboa: FCA – Editora de Informática).
- Marques, F. (2003). *Desenho de Bases de Dados*. Bases de Dados. Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.
- Meyer, N. & Foote, K. & Huebner, D. (1999). Information Quality Considerations for Coastal Data. *Marine and Coastal Geographical Information Systems*, pp. 295-308. (London: Taylor and Francis).
- MIDA (2009). The Marine Irish Digital Atlas. (URL: <http://mida.ucc.ie/contents.htm>, consulta em 2 de Abril de 2009).
- Miller, J.A., Rogan, J. (2007). Using GIS and remote sensing for ecological mapping and monitoring. *Integration of GIS and Remote Sensing*. Editado por Victor Mesev. (John Wiley & Sons).
- Miranda, P.M.A. (2001). *Meteorologia e Ambiente*. Fundamentos de Meteorologia, Clima e Ambiente Atmosférico. (Lisboa: Universidade Aberta).
- NASA (2009a). Jason-1. (URL: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/mission/jason-1-fact-sheet-200610.pdf>, consulta em 16 de Setembro de 2009).
- NASA (2009b). Topex/Poseidon. (URL: <http://sealevel.jpl.nasa.gov/mission/tp-fact-sheet.pdf>, consulta em 16 de Setembro de 2009).
- NASA (2009c). TRMM Overview. (URL: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/TRMM/>, consulta em 16 de Setembro de 2009).
- National Snow and Ice Data Center (2009a). Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Satellite F8. (URL: http://nsidc.org/data/docs/daac/f8_platform.gd.html, consulta em 16 de Setembro de 2009).
- National Snow and Ice Data Center (2009b). Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Satellite F10. (URL: http://nsidc.org/data/docs/daac/f10_platform.gd.html, consulta em 16 de Setembro de 2009).
- National Snow and Ice Data Center (2009c). Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Satellite F11. (URL: http://nsidc.org/data/docs/daac/f11_platform.gd.html, consulta em 16 de Setembro de 2009).

National Snow and Ice Data Center (2009d). Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Satellite F13. (URL: http://nsidc.org/data/docs/daac/f13_platform.gd.html, consulta em 16 de Setembro de 2009).

National Snow and Ice Data Center (2009e). Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) Satellite F15. (URL: http://nsidc.org/data/docs/daac/f15_platform.gd.html, consulta em 16 de Setembro de 2009).

NOAA (2009). nowCOAST. (URL: <http://nowcoast.noaa.gov/>, consulta em 2 de Abril de 2009).

Nobre, A. (2006). Sistema de Informação de Climatologia Meteo-Oceanográfica. Jornadas do Mar 2006 – Os Oceanos: Uma Plataforma para o Desenvolvimento. Escola Naval, pp. 65-76.

NODC (2009). World Ocean Atlas 2005. (URL: <http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA05/woa05.pl>, consulta em 1 de Setembro de 2009).

Obermeyer, N. J. (1999). Measuring the benefits and costs of GIS. In Geographical Information Systems: Management Issues and Applications. Vol. 2. Editado por Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. (London: John Wiley & Sons).

Onofre, M. (2001). Rapid Environmental Assessment. Anais do Instituto Hidrográfico, Nº 15, pp. 25-31.

Onofre, M. (2003). Apoio ambiental ao Swordfish 2003. Hidromar, Nº 76, pp.1-5. (URL: <http://websig.hidrografico.pt/www/content/documentacao/hidromar/2003/Hidromar76.pdf>, consulta em 10 de Fevereiro de 2009).

Pacheco, B., Martinho, S. (2005). Apoio Ambiental ao Exercício Lusíada 2006. Produtos e Inovações. Anais do Instituto Hidrográfico, Nº18, pp. 85-94.

Pacheco, M. (2006). Infra-estrutura de dados geo-espaciais sobre o ambiente marinho. ESIG 2006. IX Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica. Tagus Park, Oeiras.

Pacheco, M.B. (2008). Geospatial Tactical Decision Aids. A naval perspective. Rapid Environmental Assessment. Lisboa: Instituto Hidrográfico.

Painho, M.O.T., Curvelo, P. (2007). Fundamentos da Representação Espacial em Sistemas de Informação Geográfica. Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.

Palmer, H., Pruett, L. (1999). GIS Applications to Maritime Boundary Delimitation. Marine and Coastal Geographical Information Systems, pp. 279-294. (London: Taylor and Francis).

Perdigão, A., Moita, S. (2002). A ACÇÃO COST 719 – A Utilização de Sistemas de Informação Geográfica em Climatologia e Meteorologia. ESIG 2002. VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica. Tagus Park, Oeiras.

Petroutsos, E. (1998). Mastering Visual Basic 6. SYBEX.

- PHP (2009). PHP Manual. (URL: <http://www.php.net/manual/en/>, consulta em 1 de Agosto de 2009)
- Pickard, G.L., Emery, W. J. (1990). Descriptive Physical Oceanography: an introduction. 5ªed. Pergamon Press.
- Pinto de Abreu, M. (2003). Interacção Oceano – Atmosfera. Licenciatura em Ciências do Mar. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Retallack, B.J. (1970). Compêndio para a Formação Profissional de Pessoal Meteorológico da Classe IV – Meteorologia (Vol. II). Organização Meteorológica Mundial.
- Short, N.M. (2009a). Geostationary Satellites. (URL: http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect14/Sect14_7.html, consulta em 1 de Abril de 2009).
- Short, N.M. (2009b). Classes of Metsats. (URL: http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect14/Sect14_3.html, consulta em 1 de Abril de 2009).
- Silva, F. A. S. (2008). Sistemas de Informação Geográfica na Internet Aplicados ao Turismo na Natureza nos Açores. Projecto ZoomAcores. Lisboa: ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.
- Soares, C.G., Sebastião, P., Antão, P., Gouveia, J.V., Pacheco, M.B., Pulquério, D., Sá, R. (2005). Planeamento de Operações de Combate à Poluição Marinha com Apoio de Sistemas de Informação Geográfica, Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade. Vol. 1, pp. 395-416. (Lisboa: Edições Salamandra).
- Sobrinho, J.A., Raissouni, N., Kerr, N. (2000). Teledetección. (URL: http://books.google.pt/books?id=Yb6xIldfoT0C&pg=PA271&lpg=PA271&dq=sobrinho+Teledetecci%C3%B3n&source=bl&ots=oPBFsvEEZk&sig=vwcxgX54Mv5JnRvWrtOKC9JY&hl=pt-PT&ei=3L7uSoj8GpHesgakz73kCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAgQ6AEwAA#v=onepage&q=&f=false, consulta em 20 de Abril de 2009).
- Su, Y. (1999). A User-friendly Marine GIS for Multi-dimensional visualization. Spatial Reasoning for Marine Geology and Geophysics. Marine and Coastal Geographical Information Systems, pp. 227-254. (London: Taylor and Francis).
- Swann, D. (1999). Military applications of GIS. In Geographical Information Systems: Management Issues and Applications. Vol. 2. Editado por Paul A. Longley, Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. (London: John Wiley & Sons).
- Tomlinson, R. (2003). *Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers*. (Redlands, CA: ESRI).
- Valavanis, V.D. (2002). Geographic Information Systems in Oceanography and Fisheries. (London: Taylor and Francis).

- Wel, F., Perdigão, A., Madej, P., Barszczynska, M., Kubacka, D. (2004). COST 719: Interoperability and Integration Issues of GIS Data in Climatology and Meteorology. (URL: http://www.ec-gis.org/Workshops/10ec-gis/papers/24june_vanderwel.pdf, consulta em 3 de Março de 2009).
- Wright, D. J. (1996). Rumbings on the ocean floor: GIS supports deep-sea research. *Geo Info Systems* (now called *Geospatial Solutions*), 6(1): 22-29. (URL: <http://dusk.geo.orst.edu/geoinfo.html>, consulta em 12 de Março de 2009).
- Wright, D. J. & Goodchild, M. F. (1997). Data from the deep: Implications for the GIS community. *The International Journal of Geographical Information Science* 11(6), pp. 523–528. (URL: <http://dusk.geo.orst.edu/ijgis.html>, consulta em 6 de Fevereiro de 2009).
- Wright, D. J. (1999). *Down to the Sea in Ships: The Emergence of Marine GIS*. Marine and Coastal Geographical Information Systems, pp. 117-127. (London: Taylor and Francis).
- Wright, D. J. (2002). *Undersea with GIS*. (Redlands, CA: ESRI).

Anexos

ANEXO I – Rotina realizada na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0 para divisão dos doze ficheiros de agitação marítima em vários de menor dimensão (apresenta-se, como exemplo a rotina para o mês de Abril)

```
Sub teste()
Open "C:\Teste\swh_apr.txt" For Input As #1
Open "C:\Teste\swh2\4\out1.txt" For Output As #2
Open "C:\Teste\swh2\4\out2.txt" For Output As #3
Open "C:\Teste\swh2\4\out3.txt" For Output As #4
Open "C:\Teste\swh2\4\out4.txt" For Output As #5
Open "C:\Teste\swh2\4\out5.txt" For Output As #6
Open "C:\Teste\swh2\4\out6.txt" For Output As #7
Open "C:\Teste\swh2\4\out7.txt" For Output As #8
Open "C:\Teste\swh2\4\out8.txt" For Output As #9
Open "C:\Teste\swh2\4\out9.txt" For Output As #10
Open "C:\Teste\swh2\4\out10.txt" For Output As #11
Open "C:\Teste\swh2\4\out11.txt" For Output As #12
Open "C:\Teste\swh2\4\out12.txt" For Output As #13
Open "C:\Teste\swh2\4\out13.txt" For Output As #14
Open "C:\Teste\swh2\4\out14.txt" For Output As #15
Open "C:\Teste\swh2\4\out15.txt" For Output As #16
Open "C:\Teste\swh2\4\out16.txt" For Output As #17
Open "C:\Teste\swh2\4\out17.txt" For Output As #18
Open "C:\Teste\swh2\4\out18.txt" For Output As #19
Open "C:\Teste\swh2\4\out19.txt" For Output As #20
Write #2, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #3, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #4, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #5, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #6, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #7, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #8, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #9, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #10, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #11, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #12, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #13, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #14, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #15, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #16, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #17, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #18, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #19, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"
Write #20, "Ano"; "Mes"; "Dia"; "Hora"; "Lat"; "Long"; "Altura"

cont = 3000000
cont1 = 2 * cont
cont2 = 3 * cont
cont3 = 4 * cont
cont4 = 5 * cont
cont5 = 6 * cont
cont6 = 7 * cont
cont7 = 8 * cont
cont8 = 9 * cont
```



```

cont9 = 10 * cont
cont10 = 11 * cont
cont11 = 12 * cont
cont12 = 13 * cont
cont13 = 14 * cont
cont14 = 15 * cont
cont15 = 16 * cont
cont16 = 17 * cont
cont17 = 18 * cont
cont18 = 19 * cont

```

Do While Not EOF(1)

```

    I = I + 1
    Line Input #1, a$
    Print #2, a$
    If I >= 0 And I <= cont Then Write #2, a$
    'If I >= cont + 1 And I <= cont1 Then Print #3, a$
    'If I >= cont1 + 1 And I <= cont2 Then Print #4, a$
    'If I >= cont2 + 1 And I <= cont3 Then Print #5, a$
    'If I >= cont3 + 1 And I <= cont4 Then Print #6, a$
    'If I >= cont4 + 1 And I <= cont5 Then Print #7, a$
    'If I >= cont5 + 1 And I <= cont6 Then Print #8, a$
    'If I >= cont6 + 1 And I <= cont7 Then Print #9, a$
    'If I >= cont7 + 1 And I <= cont8 Then Print #10, a$
    'If I >= cont8 + 1 And I <= cont9 Then Print #11, a$
    'If I >= cont9 + 1 And I <= cont10 Then Print #12, a$
    'If I >= cont10 + 1 And I <= cont11 Then Print #13, a$
    'If I >= cont11 + 1 And I <= cont12 Then Print #14, a$
    'If I >= cont12 + 1 And I <= cont13 Then Print #15, a$
    'If I >= cont13 + 1 And I <= cont14 Then Print #16, a$
    'If I >= cont14 + 1 And I <= cont15 Then Print #17, a$
    'If I >= cont15 + 1 And I <= cont16 Then Print #18, a$
    'If I >= cont16 + 1 And I <= cont17 Then Print #19, a$
    'If I >= cont17 + 1 And I <= cont18 Then Print #20, a$

```

Loop

```

Close #1
Close #2
Close #3
Close #4
Close #5
Close #6
Close #7
Close #8
Close #9
Close #10
Close #11
Close #12
Close #13
Close #14
Close #15
Close #16
Close #17
Close #18
Close #19
Close #20
End Sub

```

ANEXO II – Modelos desenvolvidos no ModelBuilder

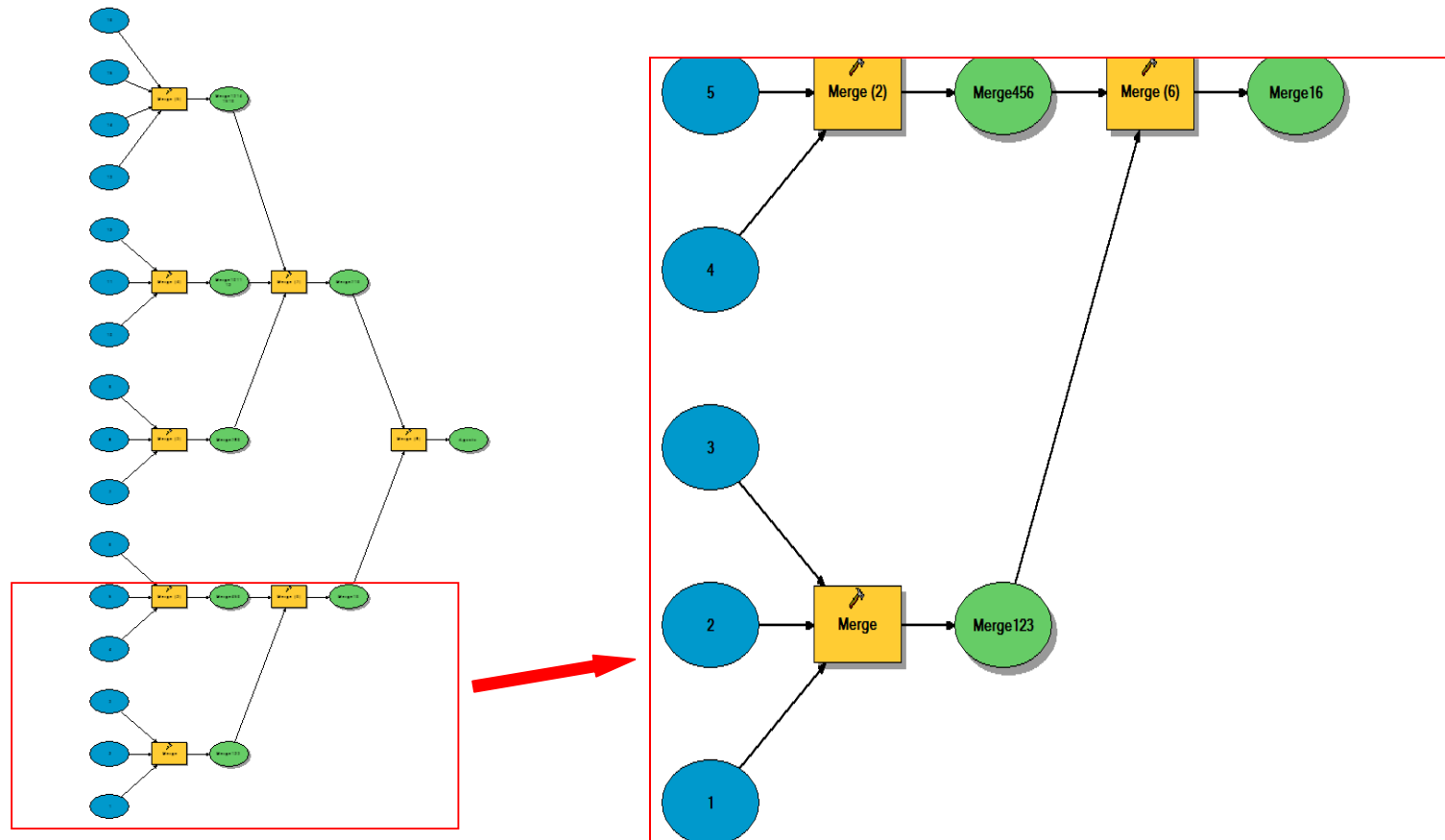


Figura 1 – Processo de agregação (*merge*) dos vários ficheiros correspondentes ao mês de Agosto realizado através da ferramenta ModelBuilder

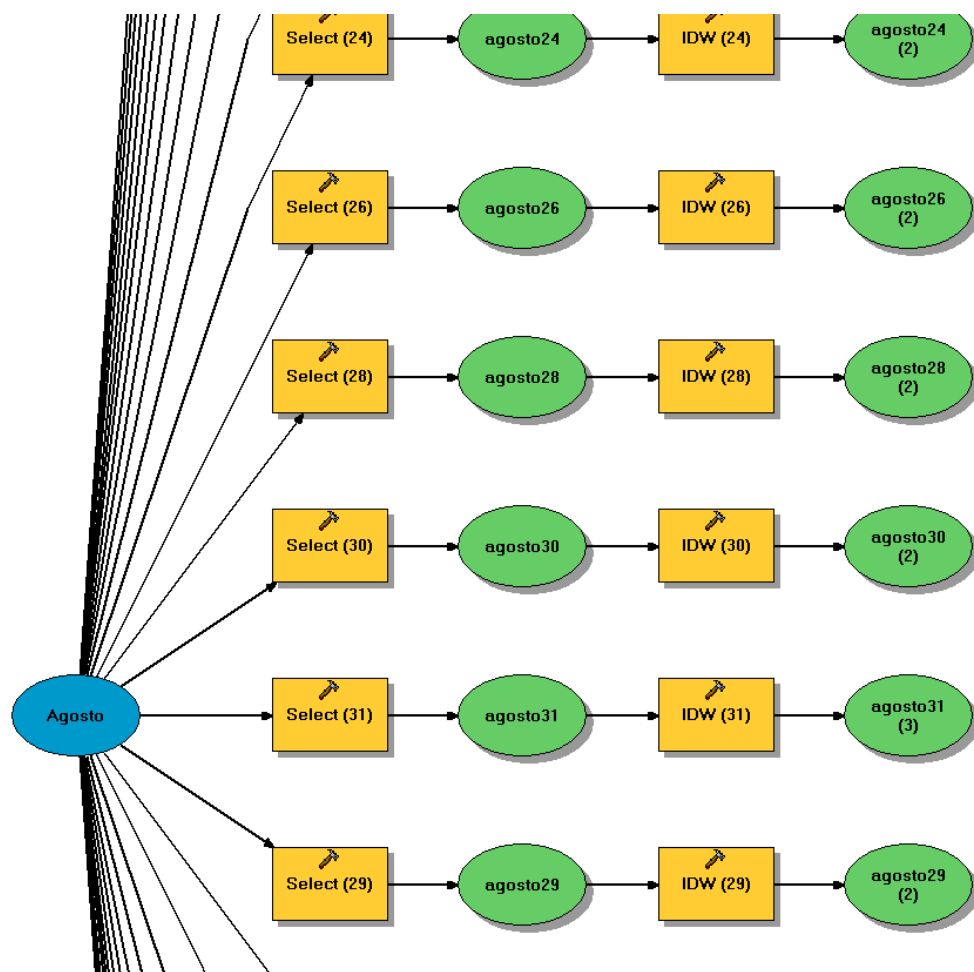


Figura 2 – Processamento das camadas temáticas de agitação marítima (parte do modelo para o mês de Agosto)

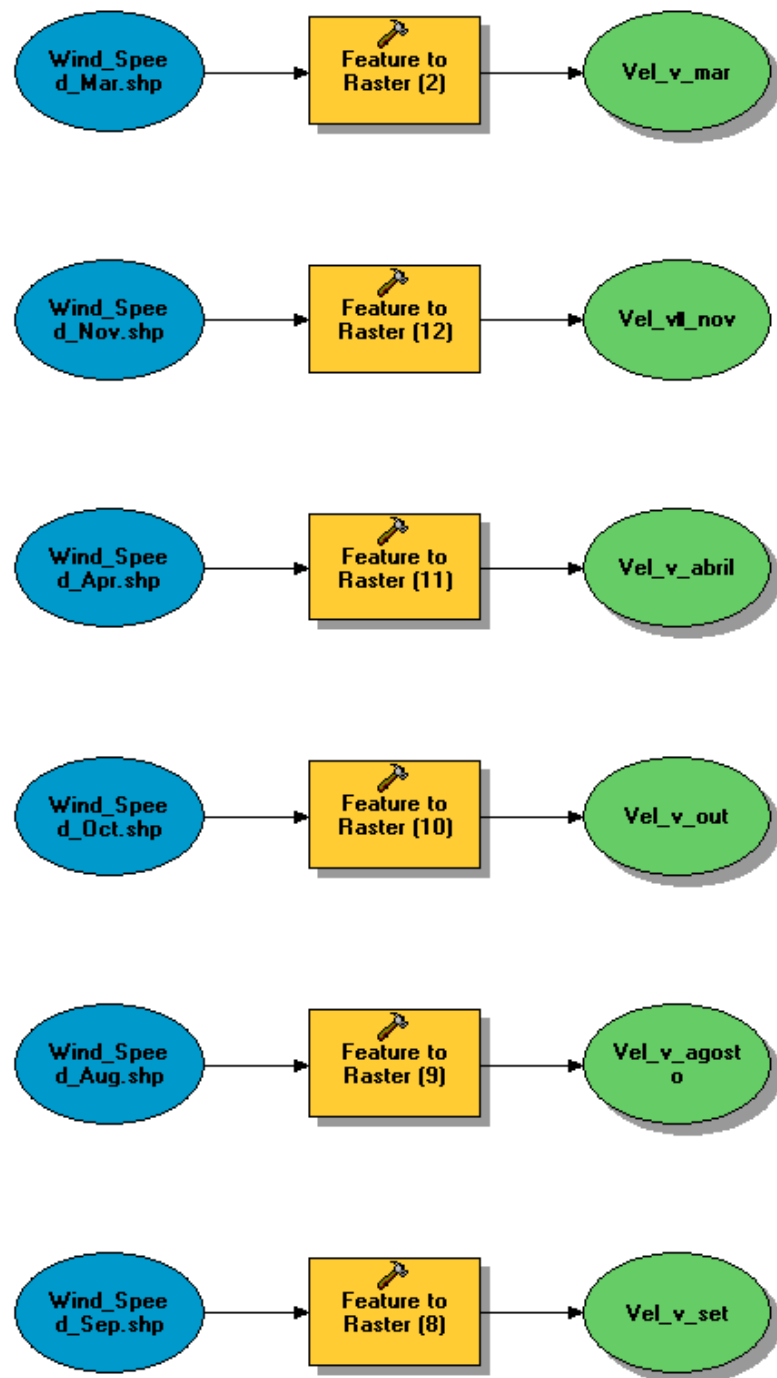


Figura 3 – Exemplo de parte de um dos modelos a partir dos quais os dados vectoriais de meteorologia (neste caso, velocidade do vento) foram transformados em camadas matriciais



Figura 4 – Processamento do *shapefile* de salinidade correspondente ao mês de Agosto. O rectângulo vermelho assinala o processamento para a profundidade dos 800 metros. Este processamento consiste em três passos. No primeiro passo, através da ferramenta “Table Select”, são eliminados os valores iguais a -99.9999. No segundo passo, realizado através da ferramenta “Table to Point”, a tabela é convertida num *shapefile* de pontos. No terceiro passo, realizado através da ferramenta “Feature to Raster”, o *shapefile* é transformado em raster

ANEXO III – Exemplo de uma query de agregação (para o mês de Agosto) realizada no software Microsoft® Access

```

SELECT S.Latitude, S.Longitude, S.S0000_an, S.S0000_mn, S.S0000_dd, S.S0000_sd, S.S0010_an,
S.S0010_mn, S.S0010_dd, S.S0010_sd, S.S0020_an, S.S0020_mn, S.S0020_dd, S.S0020_sd,
S.S0030_an, S.S0030_mn, S.S0030_dd, S.S0030_sd, S.S0050_an, S.S0050_mn, S.S0050_dd,
S.S0050_sd, S.S0075_an, S.S0075_mn, S.S0075_dd, S.S0075_sd, S.S0100_an, S.S0100_mn,
S.S0100_dd, S.S0100_sd, S.S0125_an, S.S0125_mn, S.S0125_dd, S.S0125_sd, S.S0150_an,
S.S0150_mn, S.S0150_dd, S.S0150_sd, S.S0200_an, S.S0200_mn, S.S0200_dd, S.S0200_sd,
S.S0250_an, S.S0250_mn, S.S0250_dd, S.S0250_sd, S.S0300_an, S.S0300_mn, S.S0300_dd,
S.S0300_sd, S.S0400_an, S.S0400_mn, S.S0400_dd, S.S0400_sd, S.S0500_an, S.S0500_mn,
S.S0500_dd, S.S0500_sd, S.S0600_an, S.S0600_mn, S.S0600_dd, S.S0600_sd, S.S0700_an,
S.S0700_mn, S.S0700_dd, S.S0700_sd, S.S0800_an, S.S0800_mn, S.S0800_dd, S.S0800_sd,
S.S0900_an, S.S0900_mn, S.S0900_dd, S.S0900_sd, S.S1000_an, S.S1000_mn, S.S1000_dd,

```

```

S.S1000_sd, S.S1100_an, S.S1100_mn, S.S1100_dd, S.S1100_sd, S.S1200_an, S.S1200_mn,
S.S1200_dd, S.S1200_sd, T.T0000_an, T.T0000_mn, T.T0000_dd, T.T0000_sd,
T.T0010_an,T.T0010_mn,T.T0010_dd,T.T0010_sd,T.T0020_an,T.T0020_mn,T.T0020_dd,
T.T0020_sd,T.T0030_an,T.T0030_mn, T.T0030_dd, T.T0030_sd, T.T0050_an, T.T0050_mn,
T.T0050_dd,T.T0050_sd, T.T0075_an, T.T0075_mn, T.T0075_dd, T.T0075_sd, T.T0100_an,
T.T0100_mn,T.T0100_dd,T.T0100_sd, T.T0125_an, T.T0125_mn, T.T0125_dd, T.T0125_sd,
T.T0150_an,T.T0150_mn,T.T0150_dd,T.T0150_sd, T.T0200_an, T.T0200_mn, T.T0200_dd,
T.T0200_sd,T.T0250_an,T.T0250_mn, T.T0250_dd, T.T0250_sd, T.T0300_an, T.T0300_mn,
T.T0300_dd,T.T0300_sd, T.T0400_an, T.T0400_mn, T.T0400_dd, T.T0400_sd, T.T0500_an,
T.T0500_mn,T.T0500_dd,T.T0500_sd, T.T0600_an, T.T0600_mn, T.T0600_dd, T.T0600_sd,
T.T0700_an,T.T0700_mn,T.T0700_dd,T.T0700_sd, T.T0800_an, T.T0800_mn, T.T0800_dd,
T.T0800_sd,T.T0900_an,T.T0900_mn,T.T0900_dd,T.T0900_sd,T.T1000_an,T.T1000_mn,
T.T1000_dd,T.T1000_sd,T.T1100_an,T.T1100_mn,T.T1100_dd,T.T1100_sd,T.T1200_an,T.T1200_
mn,T.T1200_dd,T.T1200_sd,V.V0000_an,V.V0000_mn,V.V0000_dd,V.V0000_sd,
V.V0010_an,V.V0010_mn,V.V0010_dd,V.V0010_sd,V.V0020_an,V.V0020_mn,
V.V0020_dd,V.V0020_sd,V.V0030_an,V.V0030_mn,V.V0030_dd, V.V0030_sd, V.V0050_an,
V.V0050_mn,V.V0050_dd,V.V0050_sd,V.V0075_an,V.V0075_mn,V.V0075_dd,
V.V0075_sd,V.V0100_an,V.V0100_mn,V.V0100_dd,V.V0100_sd,V.V0125_an, V.V0125_mn,
V.V0125_dd,V.V0125_sd,V.V0150_an,V.V0150_mn,V.V0150_dd, V.V0150_sd, V.V0200_an,
V.V0200_mn,V.V0200_dd,V.V0200_sd,V.V0250_an,V.V0250_mn,V.V0250_dd,
V.V0250_sd,V.V0300_an,V.V0300_mn,V.V0300_dd,V.V0300_sd,V.V0400_an, V.V0400_mn,
V.V0400_dd,V.V0400_sd,V.V0500_an,V.V0500_mn,V.V0500_dd, V.V0500_sd, V.V0600_an,
V.V0600_mn,V.V0600_dd,V.V0600_sd,V.V0700_an,V.V0700_mn,V.V0700_dd,V.V0700_sd,
V.V0800_an,V.V0800_mn,V.V0800_dd,V.V0800_sd,V.V0900_an,V.V0900_mn,V.V0900_dd,V.V0
900_sd,V.V1000_an,V.V1000_mn,V.V1000_dd,V.V1000_sd,V.V1100_an,V.V1100_mn,V.V1100_d
d,V.V1100_sd,V.V1200_an,V.V1200_mn, V.V1200_dd, V.V1200_sd
FROM WOA05_S_Aug AS S, WOA05_T_Aug AS T, WOA05_V_Aug AS V
WHERE S.OBJECTID=T.OBJECTID AND T.OBJECTID=V.OBJECTID AND S.S0000_an<>-
99.9999
ORDER BY S.OBJECTID;
SELECT S.Latitude, S.Longitude, S1300_an, S1300_mn, S1300_dd, S1300_sd, S1400_an,
S1400_mn, S1400_dd, S1400_sd, S1500_an, S1500_mn, S1500_dd, S1500_sd, S1750_an, S1750_mn,
S1750_dd, S1750_sd, S2000_an, S2000_mn, S2000_dd, S2000_sd, S2500_an, S2500_mn, S2500_dd,
S2500_sd, S3000_an, S3000_mn, S3000_dd, S3000_sd, S3500_an, S3500_mn, S3500_dd, S3500_sd,
S4000_an, S4000_mn, S4000_dd, S4000_sd, S4500_an, S4500_mn, S4500_dd, S4500_sd, S5000_an,
S5000_mn, S5000_dd, S5000_sd, S5500_an, S5500_mn, S5500_dd, S5500_sd, T1300_an,
T1300_mn, T1300_dd, T1300_sd, T1400_an, T1400_mn, T1400_dd, T1400_sd, T1500_an,
T1500_mn, T1500_dd, T1500_sd, T1750_an, T1750_mn, T1750_dd, T1750_sd, T2000_an,
T2000_mn, T2000_dd, T2000_sd, T2500_an, T2500_mn, T2500_dd, T2500_sd, T3000_an,

```

```

T3000_mn, T3000_dd, T3000_sd, T3500_an, T3500_mn, T3500_dd, T3500_sd, T4000_an,
T4000_mn, T4000_dd, T4000_sd, T4500_an, T4500_mn, T4500_dd, T4500_sd, T5000_an,
T5000_mn, T5000_dd, T5000_sd, T5500_an, T5500_mn, T5500_dd, T5500_sd, V1300_an,
V1300_mn, V1300_dd, V1300_sd, V1400_an, V1400_mn, V1400_dd, V1400_sd, V1500_an,
V1500_mn, V1500_dd, V1500_sd, V1750_an, V1750_mn, V1750_dd, V1750_sd, V2000_an,
V2000_mn, V2000_dd, V2000_sd, V2500_an, V2500_mn, V2500_dd, V2500_sd, V3000_an,
V3000_mn, V3000_dd, V3000_sd, V3500_an, V3500_mn, V3500_dd, V3500_sd, V4000_an,
V4000_mn, V4000_dd, V4000_sd, V4500_an, V4500_mn, V4500_dd, V4500_sd, V5000_an,
V5000_mn, V5000_dd, V5000_sd, V5500_an, V5500_mn, V5500_dd, V5500_sd
FROM WOA05_S_Aug AS S, WOA05_T_Aug AS T, WOA05_V_Aug AS V
WHERE S.OBJECTID=T.OBJECTID AND T.OBJECTID=V.OBJECTID AND S1300_an<>-
99.9999
ORDER BY S.OBJECTID;

```

ANEXO IV - Rotina realizada na linguagem de programação Microsoft® Visual Basic 6.0 de modo a obter colunas com as profundidades (exemplo para o mês de Agosto)

```

Dim levitus_conn As ADODB.Connection
Private Sub Form_Load()
Dim BANCO As String

Dim Agosto As ADODB.Recordset
Dim Agosto2 As ADODB.Recordset
Open "C:\Tese\Perfis\TXT\Agosto.txt" For Output As #1
Set levitus_conn = New ADODB.Connection
strArquivo = "Levitus.mdb"
strLocal = "C:\Tese"
Set levitus_conn = CreateObject("ADODB.Connection")
BANCO = "Driver={Microsoft Access Driver (*.mdb)};" & _
"Dbq=" & strArquivo & ";" & _
"DefaultDir=" & strLocal & ";" & _
"Uid=Admin;Pwd=;"
levitus_conn.Open BANCO
If levitus_conn.State <> 1 Then
MsgBox "Não foi possível efectuar a ligação à BD"
Unload Me
End
End If
Set Agosto = CreateObject("ADODB.Recordset")
Set Agosto2 = CreateObject("ADODB.Recordset")

```

```

Agosto.Open "Select * from Agosto", levitus_conn
Agosto2.Open "Select * from Agosto2", levitus_conn

j = 1
i = 1

Print #1, "ID" & Chr(9) & "Lat" & Chr(9) & "Lon" & Chr(9) & "N_Bloco" & Chr(9) & "Prof" &
Chr(9) & "S_an" & Chr(9) & "S_mn" & Chr(9) & "S_dd" & Chr(9) & "S_sd" & Chr(9) & "T_an" &
Chr(9) & "T_mn" & Chr(9) & "T_dd" & Chr(9) & "T_sd" & Chr(9) & "V_an" & Chr(9) & "V_mn"
& Chr(9) & "V_dd" & Chr(9) & "V_sd"

Do While Not Agosto.EOF And Not Agosto2.EOF

    Print #1, j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i & Chr(9)
& "0" & Chr(9) & Agosto("S0000_an") & Chr(9) & Agosto("S0000_mn") & Chr(9) &
Agosto("S0000_dd") & Chr(9) & Agosto("S0000_sd") & Chr(9) & Agosto("T0000_an") & Chr(9) &
Agosto("T0000_mn") & Chr(9) & Agosto("T0000_dd") & Chr(9) & Agosto("T0000_sd") & Chr(9) &
Agosto("V0000_an") & Chr(9) & Agosto("V0000_mn") & Chr(9) & Agosto("V0000_dd") & Chr(9)
& Agosto("V0000_sd")

    Print #1, 1 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "10" & Chr(9) & Agosto("S0010_an") & Chr(9) & Agosto("S0010_mn") & Chr(9) &
Agosto("S0010_dd") & Chr(9) & Agosto("S0010_sd") & Chr(9) & Agosto("T0010_an") & Chr(9) &
Agosto("T0010_mn") & Chr(9) & Agosto("T0010_dd") & Chr(9) & Agosto("T0010_sd") & Chr(9) &
Agosto("V0010_an") & Chr(9) & Agosto("V0010_mn") & Chr(9) & Agosto("V0010_dd") & Chr(9)
& Agosto("V0010_sd")

    Print #1, 2 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "20" & Chr(9) & Agosto("S0020_an") & Chr(9) & Agosto("S0020_mn") & Chr(9) &
Agosto("S0020_dd") & Chr(9) & Agosto("S0020_sd") & Chr(9) & Agosto("T0020_an") & Chr(9) &
Agosto("T0020_mn") & Chr(9) & Agosto("T0020_dd") & Chr(9) & Agosto("T0020_sd") & Chr(9) &
Agosto("V0020_an") & Chr(9) & Agosto("V0020_mn") & Chr(9) & Agosto("V0020_dd") & Chr(9)
& Agosto("V0020_sd")

    Print #1, 3 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "30" & Chr(9) & Agosto("S0030_an") & Chr(9) & Agosto("S0030_mn") & Chr(9) &
Agosto("S0030_dd") & Chr(9) & Agosto("S0030_sd") & Chr(9) & Agosto("T0030_an") & Chr(9) &
Agosto("T0030_mn") & Chr(9) & Agosto("T0030_dd") & Chr(9) & Agosto("T0030_sd") & Chr(9) &
Agosto("V0030_an") & Chr(9) & Agosto("V0030_mn") & Chr(9) & Agosto("V0030_dd") & Chr(9)
& Agosto("V0030_sd")

    Print #1, 4 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "50" & Chr(9) & Agosto("S0050_an") & Chr(9) & Agosto("S0050_mn") & Chr(9) &
Agosto("S0050_dd") & Chr(9) & Agosto("S0050_sd") & Chr(9) & Agosto("T0050_an") & Chr(9) &
Agosto("T0050_mn") & Chr(9) & Agosto("T0050_dd") & Chr(9) & Agosto("T0050_sd") & Chr(9) &
Agosto("V0050_an") & Chr(9) & Agosto("V0050_mn") & Chr(9) & Agosto("V0050_dd") & Chr(9)
& Agosto("V0050_sd")

```



```
Print #1, 5 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "75" & Chr(9) & Agosto("S0075_an") & Chr(9) & Agosto("S0075_mn") & Chr(9) &
Agosto("S0075_dd") & Chr(9) & Agosto("S0075_sd") & Chr(9) & Agosto("T0075_an") & Chr(9) &
Agosto("T0075_mn") & Chr(9) & Agosto("T0075_dd") & Chr(9) & Agosto("T0075_sd") & Chr(9) &
Agosto("V0075_an") & Chr(9) & Agosto("V0075_mn") & Chr(9) & Agosto("V0075_dd") & Chr(9) &
Agosto("V0075_sd")
```



```
Print #1, 18 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "1000" & Chr(9) & Agosto("S1000_an") & Chr(9) & Agosto("S1000_mn") & Chr(9) &
Agosto("S1000_dd") & Chr(9) & Agosto("S1000_sd") & Chr(9) & Agosto("T1000_an") & Chr(9) &
Agosto("T1000_mn") & Chr(9) & Agosto("T1000_dd") & Chr(9) & Agosto("T1000_sd") & Chr(9) &
Agosto("V1000_an") & Chr(9) & Agosto("V1000_mn") & Chr(9) & Agosto("V1000_dd") & Chr(9) &
Agosto("V1000_sd")
```



```

Print #1, 31 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "5000" & Chr(9) & Agosto2("S5000_an") & Chr(9) & Agosto2("S5000_mn") & Chr(9) &
Agosto2("S5000_dd") & Chr(9) & Agosto2("S5000_sd") & Chr(9) & Agosto2("T5000_an") & Chr(9)
& Agosto2("T5000_mn") & Chr(9) & Agosto2("T5000_dd") & Chr(9) & Agosto2("T5000_sd") &
Chr(9) & Agosto2("V5000_an") & Chr(9) & Agosto2("V5000_mn") & Chr(9) &
Agosto2("V5000_dd") & Chr(9) & Agosto2("V5000_sd")

```

```

Print #1, 32 + j & Chr(9) & Agosto("Latitude") & Chr(9) & Agosto("Longitude") & Chr(9) & i &
Chr(9) & "5500" & Chr(9) & Agosto2("S5500_an") & Chr(9) & Agosto2("S5500_mn") & Chr(9) &
Agosto2("S5500_dd") & Chr(9) & Agosto2("S5500_sd") & Chr(9) & Agosto2("T5500_an") & Chr(9)
& Agosto2("T5500_mn") & Chr(9) & Agosto2("T5500_dd") & Chr(9) & Agosto2("T5500_sd") &
Chr(9) & Agosto2("V5500_an") & Chr(9) & Agosto2("V5500_mn") & Chr(9) &
Agosto2("V5500_dd") & Chr(9) & Agosto2("V5500_sd")

```

```

Agosto.MoveNext

```

```

Agosto2.MoveNext

```

```

i = i + 1

```

```

j = j + 33

```

```

Loop

```

```

Agosto.Close

```

```

Agosto2.Close

```

```

Close #1

```

```

End Sub

```

ANEXO V – Script que possibilitou a geração das treze tabelas

```

-- phpMyAdmin SQL Dump

```

```

-- version 3.2.0.1

```

```

-- http://www.phpmyadmin.net

```

```

--

```

```

-- Máquina: localhost

```

```

-- Data de Criação: 20-Jul-2009 às 16:53

```

```

-- Versão do servidor: 5.1.37

```

```

-- versão do PHP: 5.3.0

```

```

SET SQL_MODE="NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";

```

```

--

```

```

-- Base de Dados: `levitus`

```

```

--
-----

--

-- Estrutura da tabela `coordenadas`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `coordenadas` (

  `NBloco` int(10) NOT NULL,

  `Lat` float NOT NULL,

  `Lon` float NOT NULL,

  PRIMARY KEY (`NBloco`)

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extrair dados da tabela `coordenadas`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `janeiro`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `janeiro` (

  `ID` int(11) NOT NULL,

  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,

  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,

  `San` float DEFAULT NULL,

  `Smn` float DEFAULT NULL,

  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Ssd` float DEFAULT NULL,

  `Tan` float DEFAULT NULL,

  `Tmn` float DEFAULT NULL,

  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,

```

```

`Tsd` float DEFAULT NULL,
`Van` float DEFAULT NULL,
`Vmn` float DEFAULT NULL,
`Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Vsd` float DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `janeiro`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `fevereiro`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `fevereiro` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,
  `San` float DEFAULT NULL,
  `Smn` float DEFAULT NULL,
  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Ssd` float DEFAULT NULL,
  `Tan` float DEFAULT NULL,
  `Tmn` float DEFAULT NULL,
  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Tsd` float DEFAULT NULL,
  `Van` float DEFAULT NULL,
  `Vmn` float DEFAULT NULL,

```

```

`Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Vsd` float DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

```

```

--
-- Extraindo dados da tabela `fevereiro`
--
-----
--
-- Estrutura da tabela `marco`
--

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `marco` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,
  `San` float DEFAULT NULL,
  `Smn` float DEFAULT NULL,
  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Ssd` float DEFAULT NULL,
  `Tan` float DEFAULT NULL,
  `Tmn` float DEFAULT NULL,
  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Tsd` float DEFAULT NULL,
  `Van` float DEFAULT NULL,
  `Vmn` float DEFAULT NULL,
  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Vsd` float DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`ID`)

```



```

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `marco`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `abril`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `abril` (

  `ID` int(11) NOT NULL,

  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,

  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,

  `San` float DEFAULT NULL,

  `Smn` float DEFAULT NULL,

  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Ssd` float DEFAULT NULL,

  `Tan` float DEFAULT NULL,

  `Tmn` float DEFAULT NULL,

  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Tsd` float DEFAULT NULL,

  `Van` float DEFAULT NULL,

  `Vmn` float DEFAULT NULL,

  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Vsd` float DEFAULT NULL,

  PRIMARY KEY (`ID`)

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `abril`

--

```

```

-----

--

-- Estrutura da tabela `maio`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `maio` (

  `ID` int(11) NOT NULL,

  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,

  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,

  `San` float DEFAULT NULL,

  `Smn` float DEFAULT NULL,

  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Ssd` float DEFAULT NULL,

  `Tan` float DEFAULT NULL,

  `Tmn` float DEFAULT NULL,

  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Tsd` float DEFAULT NULL,

  `Van` float DEFAULT NULL,

  `Vmn` float DEFAULT NULL,

  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Vsd` float DEFAULT NULL,

  PRIMARY KEY (`ID`)

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `maio`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `junho`

--

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `junho` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,
  `San` float DEFAULT NULL,
  `Smn` float DEFAULT NULL,
  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Ssd` float DEFAULT NULL,
  `Tan` float DEFAULT NULL,
  `Tmn` float DEFAULT NULL,
  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Tsd` float DEFAULT NULL,
  `Van` float DEFAULT NULL,
  `Vmn` float DEFAULT NULL,
  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Vsd` float DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `junho`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `julho`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `julho` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,

```

```

`San` float DEFAULT NULL,
`Smn` float DEFAULT NULL,
`Sdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Ssd` float DEFAULT NULL,
`Tan` float DEFAULT NULL,
`Tmn` float DEFAULT NULL,
`Tdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Tsd` float DEFAULT NULL,
`Van` float DEFAULT NULL,
`Vmn` float DEFAULT NULL,
`Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Vsd` float DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `julho`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `agosto`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `agosto` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,
  `San` float DEFAULT NULL,
  `Smn` float DEFAULT NULL,
  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,

```

```

`Ssd` float DEFAULT NULL,
`Tan` float DEFAULT NULL,
`Tmn` float DEFAULT NULL,
`Tdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Tsd` float DEFAULT NULL,
`Van` float DEFAULT NULL,
`Vmn` float DEFAULT NULL,
`Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Vsd` float DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `agosto`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `setembro`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `setembro` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,
  `San` float DEFAULT NULL,
  `Smn` float DEFAULT NULL,
  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Ssd` float DEFAULT NULL,
  `Tan` float DEFAULT NULL,
  `Tmn` float DEFAULT NULL,
  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,

```

```

`Tsd` float DEFAULT NULL,
`Van` float DEFAULT NULL,
`Vmn` float DEFAULT NULL,
`Vdd` int(10) DEFAULT NULL,
`Vsd` float DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--
-- Extraindo dados da tabela `setembro`
--
-----
--
-- Estrutura da tabela `outubro`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `outubro` (
  `ID` int(11) NOT NULL,
  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,
  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,
  `San` float DEFAULT NULL,
  `Smn` float DEFAULT NULL,
  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Ssd` float DEFAULT NULL,
  `Tan` float DEFAULT NULL,
  `Tmn` float DEFAULT NULL,
  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,
  `Tsd` float DEFAULT NULL,
  `Van` float DEFAULT NULL,
  `Vmn` float DEFAULT NULL,
  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,

```

```

`Vsd` float DEFAULT NULL,

PRIMARY KEY (`ID`)

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extrair dados da tabela `outubro`

--

-----

--

-- Estrutura da tabela `novembro`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `novembro` (

  `ID` int(11) NOT NULL,

  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,

  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,

  `San` float DEFAULT NULL,

  `Smn` float DEFAULT NULL,

  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Ssd` float DEFAULT NULL,

  `Tan` float DEFAULT NULL,

  `Tmn` float DEFAULT NULL,

  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Tsd` float DEFAULT NULL,

  `Van` float DEFAULT NULL,

  `Vmn` float DEFAULT NULL,

  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Vsd` float DEFAULT NULL,

  PRIMARY KEY (`ID`)

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

```

```

-- Extraindo dados da tabela `novembro`

--
-----

--

-- Estrutura da tabela `dezembro`

--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `dezembro` (

  `ID` int(11) NOT NULL,

  `NBloco` int(11) DEFAULT NULL,

  `Prof` int(11) DEFAULT NULL,

  `San` float DEFAULT NULL,

  `Smn` float DEFAULT NULL,

  `Sdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Ssd` float DEFAULT NULL,

  `Tan` float DEFAULT NULL,

  `Tmn` float DEFAULT NULL,

  `Tdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Tsd` float DEFAULT NULL,

  `Van` float DEFAULT NULL,

  `Vmn` float DEFAULT NULL,

  `Vdd` int(10) DEFAULT NULL,

  `Vsd` float DEFAULT NULL,

  PRIMARY KEY (`ID`)

) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;

--

-- Extraindo dados da tabela `dezembro`

--

```

ANEXO VI – Rotinas realizadas na linguagem PHP
connect.php


```

<?php

$db = mysql_connect("localhost", "root", "") or die("Could not connect.");

if(!$db)

    die("no db");

if(!mysql_select_db("levitus",$db))

    die("No database selected.");

?>

```

import.php

```

<?php

include "connect.php";

// $filename=$_POST['C:\Program Files\Xampp\mysql\data\coordenadas.csv'];

// $handle = fopen("Janeiro.csv", "r");

// while (($data = fgetcsv($handle, 1000, ";")) !== FALSE)

// {

    // $import="INSERT into

Janeiro(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd, Van,Vmn,Vdd,Vsd)

values('$data[0]','$data[1]','$data[2]','$data[3]','$data[4]','$data[5]','$data[6]','$data[7]','$data[8]','$data[

9]','$data[10]','$data[11]','$data[12]','$data[13]','$data[14]')";

    $import="LOAD DATA infile 'C:/xampp/htdocs/sicmo/Janeiro.csv' INTO Table Janeiro FIELDS

TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'

(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd, Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

    // $import1="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Fevereiro.csv' INTO Table Fevereiro

FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'

(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd, Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

    // $import2="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Marco.csv' INTO Table Marco

FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'

(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd, Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

    // $import3="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Abril.csv' INTO Table Abril FIELDS

TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'

(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd, Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

```

```

// $import4="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Maio.csv' INTO Table Maio FIELDS
TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import5="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Junho.csv' INTO Table Junho
FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import6="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Julho.csv' INTO Table Julho FIELDS
TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import7="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Agosto.csv' INTO Table Agosto
FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import8="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Setembro.csv' INTO Table Setembro
FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import9="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Outubro.csv' INTO Table Outubro
FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import10="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Novembro.csv' INTO Table
Novembro FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import11="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/Dezembro.csv' INTO Table
Dezembro FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n'
(ID,NBloco,Prof,San,Smn,Sdd,Ssd,Tan,Tmn,Tdd,Tsd,Van,Vmn,Vdd,Vsd)";

// $import12="LOAD DATA infile 'C:/Xampp/htdocs/sicmo/coordenadas.csv' INTO Table
coordenadas FIELDS TERMINATED BY ';' LINES TERMINATED BY '\n' (NBloco,Lat,Lon)";

mysql_query($import) or die(mysql_error());

//mysql_query($import1) or die(mysql_error());

//mysql_query($import2) or die(mysql_error());

//mysql_query($import3) or die(mysql_error());

//mysql_query($import4) or die(mysql_error());

//mysql_query($import5) or die(mysql_error());

//mysql_query($import6) or die(mysql_error());

```

```

//mysql_query($import7) or die(mysql_error());

//mysql_query($import8) or die(mysql_error());

//mysql_query($import9) or die(mysql_error());

//mysql_query($import10) or die(mysql_error());

//mysql_query($import11) or die(mysql_error());

//mysql_query($import12) or die(mysql_error());

//}

// fclose($handle);

print "Import done";

?>

index.php
<html>
<head><title>Data from the World Ocean Atlas (2005) </title></head>
<body>
<h4>In this page you can analyse world-wide data of Salinity (S), Temperature (T) and Sound Speed
(V).

To do this please select the month in the following drop-down list.

Then, you can check the table and the vertical profiles.

</h4>
<h4>Table with data of S, T and V (please click the Select button)</h4>
</body>
</html>
<form action="tabela.php" method="POST" >
<select NAME="month" multiple size="7">
<option value="janeiro">January</option>
<option value="fevereiro">February</option>
<option value="marco">March</option>
<option value="abril">April</option>
<option value="maio">May</option>
<option value="junho">June</option>
<option value="julho">July</option>
<option value="agosto">August</option>
<option value="setembro">September</option>
<option value="outubro">October</option>

```

```

<option value="novembro">November</option>
<option value="dezembro">December</option>
</select>
<input type="submit" value="Select" name="select">
</form>
<FORM method="link" action="perfis.php">
<h4>Vertical profiles of San, Tan, Van (please click the Submit button)</h4> <input type="submit"
value="Submit">
</FORM>

```

perfis.php

```

<?php
session_start();

//faz ligação a bd

$conn = mysql_connect("localhost", "root", "") or die("Could not connect.");

$db=mysql_select_db("levitus") or die("No database selected");

$mes=$_SESSION['month'];

$query = mysql_query("SELECT * From $mes WHERE NBloco=32173")or die("Error:
".mysql_error());

$query2= mysql_query("SELECT MAX(San) AS SMax From $mes WHERE NBloco=32173")or
die("Error: ".mysql_error());

$query3= mysql_query("SELECT MAX(Tan) AS TMax From $mes WHERE NBloco=32173")or
die("Error: ".mysql_error());

$query4= mysql_query("SELECT MAX(Van) AS VMax From $mes WHERE NBloco=32173")or
die("Error: ".mysql_error());

$query5= mysql_query("SELECT MIN(San) AS SMin From $mes WHERE NBloco=32173")or
die("Error: ".mysql_error());

$query6= mysql_query("SELECT MIN(Tan) AS TMin From $mes WHERE NBloco=32173")or
die("Error: ".mysql_error());

$query7= mysql_query("SELECT MIN(Van) AS VMin From $mes WHERE NBloco=32173")or
die("Error: ".mysql_error());

while ($result = mysql_fetch_array($query))
{
    //echo "<tr><td> ";

```

```

        //echo "$result[Prof]</TD><TD> ";

        //echo "$result[San]</TD></TR> ";

        //echo "$result[Tan]</TD></TR> ";

        //echo "$result[Van]</TD></TR> ";

        $fevereiro[]=$result;

    }

    //faz os query necessarios a bd

    $row = mysql_fetch_assoc($query2);

    $row1 = mysql_fetch_assoc($query3);

    $row2 = mysql_fetch_assoc($query4);

    $row3 = mysql_fetch_assoc($query5);

    $row4 = mysql_fetch_assoc($query6);

    $row5 = mysql_fetch_assoc($query7);

    $conta=count($fevereiro);

    //echo $conta;

    //var_dump($fevereiro);

    $profmin=$fevereiro[0]['Prof'];

    $profmax=$fevereiro[$conta-1]['Prof'];

    $smax=round($row['SMax'],4);

    $tmax=round($row1['TMax'],4);

    $vmax=round($row2['VMax'],4);

    $smin=round($row3['SMin'],4);

    $tmin=round($row4['TMin'],4);

    $vmin=round($row5['VMin'],4);


    //Definição de valores minimos e maximos

    function getslicedobject ( $p_slice, &$p_objlines )

    {

        $db=mysql_select_db("levitus") or die("No database selected");

```

```

$mes=$_SESSION['month'];

$query = mysql_query("SELECT Prof,San,Tan, Van FROM $mes WHERE
NBloco=32173")or die("Error: ".mysql_error());

while ($result = mysql_fetch_array($query))
{
    $fevereiro[]=$result;
}

$sp_objlines = array();

if (count($fevereiro) > 0)
{
    for ($count = 0; $count < count($fevereiro); $count++)
    {
        $objectrow = $fevereiro[$count];

        if (array_key_exists($p_slice, $objectrow))
        {
            $sp_objlines[] = $objectrow[$p_slice];
        }
    }
}

return true;
}

```

//classe destinada a criar a imagem base

```

class ImageBuilder
{
    var $_imgwidth = 500;
    var $_imgheight = 500;
    var $_padding_x = 40;
    var $_padding_y = 40;
    var $_image = null;

```

```

var $_bgcolor = null;

var $_textcolor = null;

var $_linecolors = null;

function _getcolors ()
{
    if (!$this->_image) return false;

    $this->_bgcolor = imagecolorallocate($this->_image, 232, 234, 235);
    //$this->_bgcolor = imagecolorallocate($this->_image, 232, 234, 235);

    $this->_textcolor = imagecolorallocate($this->_image, 0, 0, 0);

    $this->_linecolors= array (

        "black" => imagecolorallocate($this->_image, 0, 0, 0),

        "red" => imagecolorallocate($this->_image, 247, 47, 47),

        "blue" => imagecolorallocate($this->_image, 8, 118, 227),

        "green" => imagecolorallocate($this->_image, 7, 209, 2)

    );

    return true;
}

function _setcolors ()
{
    if (!$this->_image) return false;

    imagefill($this->_image, 0, 0, $this->_bgcolor);
}

function _drawline ( $p_point_1, $p_point_2, $p_linecolor="black" )
{
    $result = imageline ($this->_image,

        $p_point_1[0], /* point X1 */

        $p_point_1[1], /* point Y1 */

        $p_point_2[0], /* point X2 */

```

```

        $p_point_2[1], /* point Y2 */

        $this->_linecolors[$p_linecolor]);

    return $result;
}

function _writestring ( $p_point_x, $p_point_y, $p_value, $p_linecolor="black" )
{
    $result = imagestring($this->_image,

        0,

        $p_point_x, /* point X1 */

        $p_point_y, /* point Y1 */

        $p_value,

        $this->_linecolors[$p_linecolor]);

    return $result;
}

function imagecreate()
{
    $this->_image = imagecreatetruecolor($this->_imgwidth, $this->_imgheight);

    $result = $this->_getcolors();

    $result = $this->_setcolors();

    imagerectangle ($this->_image,

        $this->_padding_x,

        $this->_padding_y,

        ($this->_imgwidth-$this->_padding_x),

        ($this->_imgheight-$this->_padding_y),

        $this->_textcolor);

    return true;
}

function setruler_y ($p_rulerdata)
{

```



```

if (!count($p_rulerdata) > 0) return false;

$ruler_point_y1 = $this->_padding_y;
$ruler_point_y2 = ($this->_imgheigth - $this->_padding_y);

array_multisort($p_rulerdata);
$data_point_y1 = $p_rulerdata[0];
$data_point_y2 = $p_rulerdata[count($p_rulerdata)-1];
$ruleinterval = 100;
// $ruleinterval = round($data_point_y2 % count($p_rulerdata));
$ruleline = 5;
for ($count = 0; $count < count($p_rulerdata); $count++)
{
    if (($p_rulerdata[$count] % $ruleinterval) == 0)
    {
        // Draws Left Side Bar

        $point_1 = array();
        $point_1[0] = $this->_padding_y; /* X Axis*/
        $point_1[1] = (($data_point_y1 - $p_rulerdata[$count]) / ($data_point_y1 -
$data_point_y2)); /* Y Axis*/

        $point_1[1]*= ($ruler_point_y2 - $ruler_point_y1);
        $point_1[1]+= $ruler_point_y1;

        $point_2 = array();
        $point_2[0] = ($this->_padding_y + $ruleline); /* X Axis*/
        $point_2[1] = $point_1[1]; /* Y Axis*/

        $this->_drawline($point_1, $point_2);

        $this->_writestring(($this->_padding_y - 30),($point_1[1] - 5),$p_rulerdata[$count],
'black');

```

```

        $point_1[0] = (($this->_imgwidth - $this->_padding_y) - $ruleline); /* X Axis*/

        $point_2[0] = ($this->_imgwidth - $this->_padding_y); /* X Axis*/

        $this->_drawline($point_1, $point_2);

    }

}

return true;

}

function setpointdata ( $p_pointdata_x, $p_pointdata_y, $p_rulemod, $p_linecolor )
{
    if (!count($p_pointdata_x) > 0 || !count($p_pointdata_y) > 0) return false;

    $map_point_x1 = $this->_padding_x;

    $map_point_x2 = ($this->_imgwidth - $this->_padding_x);

    $map_point_y1 = $this->_padding_y;

    $map_point_y2 = ($this->_imgheight - $this->_padding_y);

    $p_pointdata_x_tmp = $p_pointdata_x;

    array_multisort($p_pointdata_x_tmp);

    $data_point_x1 = $p_pointdata_x_tmp[0];

    $data_point_x2 = $p_pointdata_x_tmp[count($p_pointdata_x_tmp)-1];

    array_multisort($p_pointdata_y);

    $data_point_y1 = $p_pointdata_y[0];

    $data_point_y2 = $p_pointdata_y[count($p_pointdata_y)-1];

    $ruleinterval = 100;

    //$ruleinterval = round($data_point_y2 % count($p_pointdata_y));

    $point_1 = array();

    $point_1[0] = $this->_padding_x; /* X Axis*/

    $point_1[1] = $this->_padding_y; /* Y Axis*/

    for ($count = 0; $count < count($p_pointdata_y); $count++) /* Y Axis Enumeration */
    {
        $point_2 = array();

```

```

        $point_2[0] = (($data_point_x1 - $p_pointdata_x[$count]) / ($data_point_x1 -
$data_point_x2)) ; /* X Axis*/

        $point_2[0]*= ($map_point_x2 - $map_point_x1);

        $point_2[0]+= $map_point_x1;

        $point_2[1] = (($data_point_y1 - $p_pointdata_y[$count]) / ($data_point_y1 -
$data_point_y2)) ; /* Y Axis*/

        $point_2[1]*= ($map_point_y2 - $map_point_y1);

        $point_2[1]+= $map_point_y1;

        if ($count == 0) $point_1[0] = $point_2[0];

        $this->_drawline($point_1, $point_2, $p_linecolor);

        if (($p_pointdata_y[$count] % $ruleinterval) == 0)

        {

            $value = round((float)$p_pointdata_x[$count],3);

            $this->_writestring($point_2[0],$point_2[1],$value, $p_linecolor);

        }

        $point_1[0] = $point_2[0]; /* Last X Axis*/

        $point_1[1] = $point_2[1]; /* LastY Axis*/

    }

}

function setimagetitle ( $p_imagetitle )

{

    $map_point_x1 = $this->_padding_x;

    $map_point_y1 =($this->_padding_y / 2);

    $result = $this->_writestring($map_point_x1, $map_point_y1, $p_imagetitle, 'black');

    return $result;

}

function setimagefooter ( $p_imagefooter, $p_position, $p_offset = 1, $p_linecolor )

{

    $value = explode("\n", $p_imagefooter);

```

```

$lineheigth = (3/count($value));

$map_block_length = (($this->_imgwidth - ($this->_padding_x *2)) / $p_offset);

$map_point_x1 = ($this->_padding_x + ($map_block_length * $p_position));

$map_point_y1 = ($this->_imgheigth - ($this->_padding_y / $lineheigth));

for ($count = 0; $count < count($value); $count++)

{
    $result = $this->_writestring(

        $map_point_x1,

        $map_point_y1,

        $value[$count], $p_linecolor);

    $map_point_y1 += 10;
}

}

function imageoutput ()
{
    // Set the content type header - in this case image/jpeg

    header('Content-type: image/jpeg');

    imagejpeg($this->_image);

    imagedestroy($this->_image);
}

}

$imagebuilder = new ImageBuilder();

$result = $imagebuilder->imagecreate();

//definicao do eixo dos yy

$result = getslicedobject('Prof', $rulerdate);

$result = $imagebuilder->setruler_y($rulerdate);

//definicao dos eixo dos xx

$result = getslicedobject('San', $fielddate);

```

```

$result = $imagebuilder->setpointdata($fielddate, $rulerdate, 5, "red");

$result = getslicedobject('Tan', $fielddate);

$result = $imagebuilder->setpointdata($fielddate, $rulerdate, 10, "blue");

$result = getslicedobject('Van', $fielddate);

$result = $imagebuilder->setpointdata($fielddate, $rulerdate, 15, "green");

//definicao de labels e titulo

$imagebuilder->setimagetitle('Vertical Profiles of Temperature, Salinity and Sound Speed');

$imagebuilder->setimagefooter('Salinity'. "\n". [ '.round($smin,4).' - '.round($smax,4).' ], 0, 3, 'red');

$imagebuilder->setimagefooter('Temperature [C]'. "\n". [ '.round($tmin,4).' - '.round($tmax,4).' ], 1, 3, 'blue');


$imagebuilder->setimagefooter('Sound speed [m/s]'. "\n". [ '.round($vmin,4).' - '.round($vmax,4).' ], 2, 3, 'green');

$result = $imagebuilder->imageoutput();

?>

```

ANEXO VII – Exemplo de uma ficha de metadados gerada

Salinity (June; 700m) / Salinidade (Junho; 700m)	
	<p>Data format: File Geodatabase Raster Dataset</p> <p>Coordinate system: GCS_WGS_1984</p> <p>Location: file://\CD-DSG-WS1\Dados_SIGMETOC\Final\Salinidade.gdb</p>
<p>Abstract: This raster contains the world-wide salinity for the month of June at the depth of 700 meters. / (POR) Este tema matricial contém informação mundial sobre os valores de salinidade à profundidade de 700 metros para o mês de Junho.</p>	

ISO and ESRI Metadata:

- [Metadata Information](#)
- [Resource Identification Information](#)
- [Reference System Information](#)
- [Data Quality Information](#)
- [Distribution Information](#)

- [Geoprocessing History](#)
- [Binary Enclosures](#)

Metadata elements shown with blue text are defined in the International Organization for Standardization's (ISO) document 19115 *Geographic Information - Metadata*. Elements shown with green text are defined by ESRI and will be documented as extensions to the ISO 19115. Elements shown with a green asterisk (*) will be automatically updated by ArcCatalog.

Metadata Information

Metadata language: English

***Metadata character set:** utf8 - 8 bit UCS Transfer Format

***Last update:** 20091103

Metadata contact:

Individual's name: Nobre, Ana Sofia Pereira

Organization's name: Instituto Hidrográfico (IH) / Portuguese Hydrographic Institute (IHPT)

Contact's position: GIS Specialist of Technical Scientific Data Centre

Contact's role: originator

Contact information:

Phone:

Voice: +351 210943138

Fax: +351 210943299

Address:

Delivery point:

Rua das Trinas, 49

City: Lisboa

Administrative area: Lisboa

Postal code: 1249-093

Country: Portugal

e-mail address: ana.nobre@hidrografico.pt

***Scope of the data described by the metadata:** dataset

***Scope name:** dataset

***Name of the metadata standard used:** ISO 19115 Geographic Information - Metadata

***Version of the metadata standard:** DIS_ESRI1.0

[Back to Top](#)

Resource Identification Information:

Citation:

Title: Salinity (June; 700m) / Salinidade (Junho; 700m)

Reference date:

Date: 20091020

Type of date: creation

Party responsible for the resource:

Individual's name: Nobre, Ana Sofia Pereira

Organization's name: Instituto Hidrográfico (IH) / Portuguese Hydrographic Institute (IHPT)

Contact's position: GIS Specialist of Technical Scientific Data Centre
Contact's role: originator

Contact information:

Phone:

Voice: +351 210943138

Fax: +351 210943299

Address:

Delivery point:

Rua das Trinas, 49

City: Lisboa

Administrative area: Lisboa

Postal code: 1249-093

Country: Portugal

e-mail address: ana.nobre@hidrografico.pt

Themes or categories of the resource: oceans

Abstract:

This raster contains the world-wide salinity for the month of June at the depth of 700 meters.

/

(POR) Este tema matricial contém informação mundial sobre os valores de salinidade à profundidade de 700 metros para o mês de Junho.

***Dataset language:** Portugese

***Processing environment:** Microsoft Windows XP Version 5.1 (Build 2600) Service Pack 3; ESRI ArcCatalog 9.3.1.1850

Resource's bounding rectangle:

***Extent type:** Full extent in decimal degrees

***Extent contains the resource:** Yes

***West longitude:** -180

***East longitude:** 180

***North latitude:** 90

***South latitude:** -79

Other extent information:

Geographic extent:

Bounding rectangle:

***Extent type:** Full extent in the data's coordinate system

***Extent contains the resource:** Yes

***West longitude:** -180

***East longitude:** 180

***North latitude:** 90

***South latitude:** -79

[Back to Top](#)

Reference System Information:

Reference system identifier:

***Value:** GCS_WGS_1984

[Back to Top](#)

Data Quality Information:**Scope of quality information:**

Level of the data: dataset

Lineage:**Lineage statement:**

This theme was obtained from the Australian Oceanographic Institute (data originally obtained from the World Ocean Database of 2005). The values equal to -99.9999 were deleted from the shapefile through the tool Table Select (ArcToolbox application). The final step consisted in converting the shapefile into a raster through the Feature to Raster tool (Spatial Analyst extension).

/

(POR) Este tema foi obtido do Instituto Oceanográfico Australiano (dados obtidos através do World Ocean Database de 2005). Os valores iguais a -99.9999 foram eliminados do ficheiro shapefile através da ferramenta de análise "Table Select" da aplicação ArcToolbox. De seguida, os ficheiros shapefiles foram transformados em camadas matriciais através da ferramenta "Feature to Raster" (da extensão Spatial Analyst).

[Back to Top](#)

Distribution Information:**Distributor:****Contact information:**

Individual's name: Centro de Dados Técnico-Científicos / Technical Scientific Data Centre

Organization's name: Instituto Hidrográfico (IH) / Portuguese Hydrographic Institute (IHPT)

Contact's position: Technique Direction Division

Contact's role: resource provider

Contact information:**Phone:**

Voice: +351 210943130

Fax: +351 210943299

Address:**Delivery point:**

Rua das Trinas, 49

City: Lisboa

Administrative area: Lisboa

Postal code: 1249-093

Country: Portugal

e-mail address: centrodados@hidrografico.pt

Available format:

***Format name:** File Geodatabase Raster Dataset

Format version: 3

Transfer options:**Online source:**

***Online location (URL):** file://\CD-DSG-WS1\Dados_SIGMETOC\Final\Salinidade.gdb

***Connection protocol:** Local Area Network

Description: Downloadable Data

[Back to Top](#)

Geoprocessing History:

Process:

***Process name:** Feature to Raster

***Date:** 20090609

***Time:** 145111

***Tool location:** C:\Program Files\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes\Conversion Tools.tbx\FeatureToRaster

***Command issued:** FeatureToRaster

C:\Tese\BD\Hidrologia_horizontal_S\Shapefiles\4\S0.shp S0000_AN

C:\Tese\BD\Hidrologia_horizontal_S\Rasters\4\S0 1

Process:

***Date:** 20091001

***Time:** 233632

***Tool location:** C:\Program Files\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes\Data Management Tools.tbx\CopyRaster

***Command issued:** CopyRaster C:\Datos_SIGMETOC\Hidrologia_Horizontal_S\4\s0

C:\Datos_SIGMETOC\Hidrologia_Horizontal_S\Salinidade.gdb\s0 # # # NONE NONE #

[Back to Top](#)

Binary Enclosures:

Thumbnail:

Enclosure type: Picture



[Back to Top](#)